

**FARKLI DİLLERİN
ENTROPİ VE İNFORMASYON TEORİSİ
AÇISINDAN İSTATİSTİKSEL
ÖZELLİKLERİ**

Şenay YOLAÇAN
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik Anabilim Dalı
Ocak, 2005

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Şenay Yolaçan'ın “Farklı Dillerin Entropi ve İnfomasyon Teorisi Açısından İstatistiksel Özellikleri” başlıklı İstatistik Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi.....tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Aladdin ŞAMİLOV	.....
Üye	: Prof. Dr. Ali Fuat YÜZER	.....
Üye	: Prof. Dr. Musa ŞENEL	.....

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI DİLLERİN ENTROPİ VE İNFORMASYON TEORİSİ AÇISINDAN İSTATİSTİKSEL ÖZELLİKLERİ

ŞENAY YOLAÇAN

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aladdin ŞAMİLOV
2005, 193 sayfa

Bu tezde, Türkçe, İngilizce, Almanca, Fransızca, Rusça ve İspanyolca gibi farklı dillerin tekli harf sıklık dağılımları, harf başına entropi ve sembol başına bilgi miktarı ölçümleri gibi istatistiksel özellikleri incelenmiştir. Bu istatistiksel özelliklerden yararlanılarak Adi Kodlama Metodunun yanısıra bu tezde, Shannon Kodlama Metodu, Shannon-Fano Kodlama Metodu, Geliştirilmiş Fano Kodlama Metodu ve Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodu ile söz konusu diller için ikili kodlar kurulmuştur ve çizelgeler halinde sunulmuştur. Optimal kodlamayı gerçekleştiren kodlama metodunun Huffman Kodlama Metodu olduğu saptanmıştır.

Ayrıca, söz konusu farklı dillerin her biri birer kodlama türü olarak ele alınmıştır. Hangi dilin optimal bir kodlama türü olduğunu belirlemek amacıyla aynı bir düşünceyi söz konusu dillerde ifade eden çevrilmiş metinlerin istatistiksel özellikleri incelenmiştir. Bu istatistiksel özelliklerden yola çıkarak yapılan araştırmada aynı düşünceyi ifade etmede İngiliz dilinin diğer dillere göre daha az sembol kullandığı ve İngiliz dilinin arkasından Türk dilinin yer aldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Entropi, Bilgi Miktarı, Kodlama, Optimallik, Türkçe

ABSTRACT

Master of Science Thesis

STATISTICAL PROPERTIES OF DIFFERENT LANGUAGES BASED ON ENTROPY AND INFORMATION THEORY

ŞENAY YOLAÇAN

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Statistics Program**

**Supervisor: Prof. Dr. Aladdin ŞAMİLOV
2005, 193 pages**

In this thesis, statistical properties, which are letter frequency distributions, entropy per letter and information measure per symbol, of different languages as Turkish, English, German, French, Russian and Spanish were examined. Utilizing these statistical properties, binary codes for these languages were constructed by Ordinary Coding Method, Shannon Coding Method, Shannon-Fano Coding Method, Improved Fano Coding Method and Shannon-Fano-Elias Coding method and results were established as tables. Coding method that realize optimal coding was determined to be Huffman Coding Method.

Moreover, each of different languages taken in to account was considered as a coding type. In order to determine optimal language in the sense of coding theory, statistical properties of translated papers on the same semantic content in these languages were examined. In this investigation, by utilizing these statistical properties, it was established that English language uses least symbol than the others to express the same semantic content. Then Turkish language was determined as second language after English language.

Keywords: Entropy, Information, Coding, Optimallity, Turkish

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tezinde, öncelikle araştırdığım konularda neden, niçin ve nereden sorularına yanıt bulmam doğrultusunda beni yönlendirerek matematiğin istatistikteki önemini kavramamı sağlayan, bölümümüzde açmış olduğu “Ölçüm Teorisi ve Olasılık”, “Entropi ve İnfomasyon Teorisi” ve “İstatistiğin Matematiksel Yöntemleri” gibi eşsiz yüksek lisans ve doktora dersleriyle değerli bilgilerini bizlere aktaran, bu tezin konusunu önererek bölümümüzde yapılan çalışmaların daha da geniş alanlara taşınmasını sağlayan, yaptığı seminer çalışmaları ile sadece ufkumuzu genişletmekle kalmayıp aynı zamanda öz güvenimizi geliştiren, o eşsiz güler yüzü ve şaka ile karışık eleştirileri ile tez çalışması süresince beni kırmadan her zaman sabırla dinleyen, usanmadan tartışan sevgili danışman hocam Prof. Dr. Aladdin ŞAMİLOV’a (Genel Matematik Bölüm Başkanlığı, BDU, 1996 – 1999; İkinci Doktora Savunma Jürisi Başkanı, BDU, 1996 – 1998; BDU Senato Üyesi, 1996 – 1999; A. Ü. Öğr. Üyesi, 1999-2004) çok teşekkür ederim.

Lisans eğitimim boyunca olduğu gibi yüksek lisans tezini hazırladığım dönem boyunca da desteğini benden hiç esirgemeyen, her zaman değerleri düşünceleri ile yolumu aydınlatan ve bilim adına kanımı kaynatarak beni cesaretlendiren saygıdeğer sevgili hocam Prof. Dr. Embiya AĞAOĞLU’na (A. Ü. Fen Fak. Dekan Yardımcısı, 2004) çok teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında projedeki çalışmalarımın aksamasında gösterdikleri anlayış ve destekten dolayı sevgili hocalarım, Prof. Dr. Ali Fuat YÜZER (A. Ü. Fen Fak. Bölüm Başkanı), Doç. Dr. Mammadagha MAMMADOV, Yard. Doç. Dr. Berna YAZICI ve Yard. Doç. Dr. Atilla ASLANARGUN’a (A. Ü. Öğr. Üyeleri) teşekkür ederim. Çalışmalarım boyunca manevi desteklerini benden esirgemeyen, kardeşime ve nişanlıma, beni yetiştiren sevgili anneciğim ve babacığımın derin sevgi ve saygılarımla teşekkür ederim.

Şenay YOLAÇAN

OCAK, 2005

İÇİNDEKİLER

sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KONUYA İLİŞKİN TEMEL KAVRAMLAR	8
2.1 Entropi.....	8
2.1.1 Sonlu Sayıda Durumlara Sahip Fiziksel Sistemin Entropisi ve Özellikleri.....	8
2.1.2 Durumu Sürekli Değişebilir Sistemler için Entropi.....	14
2.1.3 Entropinin Ölçüm Birimi.....	18
2.2 İnfomasyon.....	18
2.2.1 Sonlu Sayıda Duruma Sahip Fiziksel Sistemin İnfomasyonu.....	19
2.2.2 Durumu Sürekli Değişen Sistemler için İnfomasyon.....	20
2.2.3 İnfomasyonun Özellikleri.....	22
2.3 Kodlama Teknikleri ile İlgili Bazı Temel Kavramlar.....	25
2.3.1 Kaynak Kodu.....	25
2.3.2 Beklenen Uzunluk.....	25
2.3.3 Önek-Koşul Kodu.....	25
2.3.4 Kraft Eşirsizliği.....	26

2.3.5	Kodun Optimalliği Kavramı.....	26
2.3.5.1	Kodlamanın Optimalliğinin Pratikteki Anlamı.....	26
2.3.5.2	Kodun Optimalliğinin Teorideki Anlamı.....	27
3.	KODLAMA TEKNİKLERİ.....	35
3.1	Adi (Sabit Uzunluğa Sahip) Kodlama Metodu.....	35
3.2	Shannon'un Kodlama Metodu (Shannon kodu).....	36
3.2.1	Diyadik Kesrin İkili Genişletilmesi İçin Birinci Yöntem.....	37
3.2.2	Diyadik Kesrin İkili Genişletilmesi İçin İkinci Yöntem (Koblitz Hilesi).....	38
3.3	Shannon-Fano Kodlama Metodu (Fano Kodu).....	39
3.4	Geliştirilmiş Fano Kodlama Metodu (Fano ⁺ Kodu).....	39
3.5	Huffman Kodlama Metodu (Shannon-Fano-Huffman Kodu).....	40
3.6	Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodu (S-F-E Kodu).....	41
4.	KODLAMA TEKNİKLERİNİN UYGULAMALARI VE KARŞILAŞTIRMALARI.....	44
4.1	Kodlama Teknikleri ile Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol Dillerinin Kodlanması.....	45
4.1.1	Alfabelerin Tanıtımı.....	46
4.1.2	Adi (sabit uzunluklu) Kodlama Metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması ve karşılaştırılması.....	49
4.1.3	Shannon Kodlama Metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması ve karşılaştırılması.....	55
4.1.4	Fano Kodlama Metodu ve Geliştirilmiş Fano (Fano ⁺) Kodlama Metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması ve karşılaştırılması.....	59

4.1.5 Huffman Kodlama Metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması ve karşılaştırılması.....	64
4.1.6 Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodlama Metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması ve karşılaştırılması.....	67
4.2 Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol Dillerinde Kodlanmış Aynı Düşünceyi Temsil Eden Bir Metnin Bu Dillerde Taşıdığı İnfomasyonlarına İlişkin Karşılaştırmalar.....	72
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	78
KAYNAKLAR.....	81
EKLER.....	84
EK-1 Türkçe, İngilizce, Rusça, Almanca, Fransızca ve İspanyolca Dilleri için Adi Kodlar.....	84
EK-2 Türkçe, İngilizce ve Rusça Dilleri için Shannon Kodları.....	85
EK-3 Almanca, Fransızca ve İspanyolca Dilleri için Shannon Kodları.....	86
EK-4 Türk ve İngiliz Dilleri için Shannon-Fano Kodları.....	87
EK-5 Rus ve İspanyol Dilleri için Shannon-Fano Kodları.....	88
EK-6 Alman ve Fransız Dilleri için Shannon-Fano Kodları.....	89
EK-7 Türk Dili için Huffman Kodlama Şeması.....	90
EK-8 İngiliz Dili için Huffman Kodlama Şeması.....	91
EK-9 Rus Dili için Huffman Kodlama Şeması.....	92
EK-10 Alman Dili için Huffman Kodlama Şeması.....	93
EK-11 Fransız Dili için Huffman Kodlama Şeması.....	94
EK-12 İspanyol Dili için Huffman Kodlama Şeması.....	95
EK-13 Türkçe, Rusça ve İngilizce için Kurulan Huffman Kodları.....	96

EK-14	Fransızca, Almanca ve İspanyolca için Kurulan Huffman Kodları.....	97
EK-15	Türk ve İngiliz Dilleri için Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodları.....	98
EK-16	Rus ve İspanyol Dilleri için Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodları.....	99
EK-17	Alman ve Fransız Dilleri için Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodları.....	100
EK-18	“Enerji Geleceğimiz: Düşük karbon ekonomisi yaratmak” isimli Metnin Türkçe Çevirisi.....	101
EK-19	“Enerji Geleceğimiz: Düşük karbon ekonomisi yaratmak” isimli Metnin Rusça Çevirisi.....	115
EK-20	“Enerji Geleceğimiz: Düşük karbon ekonomisi yaratmak” isimli Metnin Almanca Çevirisi.....	133
EK-21	“Enerji Geleceğimiz: Düşük karbon ekonomisi yaratmak” isimli Metnin Fransızca Çevirisi.....	149
EK-22	“Enerji Geleceğimiz: Düşük karbon ekonomisi yaratmak” isimli Metnin İspanyolca Çevirisi.....	166
EK-23	“Enerji Geleceğimiz: Düşük karbon ekonomisi yaratmak” isimli Metnin İngilizce Orijinali.....	181

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 $f(x)$ yoğunluk fonksiyonunun grafiği

ÇİZELGELER DİZİNİ

3.1. ASCII Kodlar.....	32
4.1. Türk Dili için Harf Olasılıkları.....	42
4.2. İngiliz, Fransız, Alman ve İspanyol Dilleri için Harf Olasılıkları.....	43
4.3. Rus Dili için Harf Olasılıkları.....	44
4.4. Adi Kodların Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına İnfomasyon Miktarı.....	50
4.5. Shannon Kodlarının Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına İnfomasyon Miktarları.....	53
4.6. Shannon-Fano Kodlarının ve Geliştirilmiş Fano Kodlarının Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına İnfomasyon Miktarları.....	57
4.7. Huffman Kodlarının Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına İnfomasyon Miktarları.....	60
4.8. Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodlarının Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına İnfomasyon Miktarları.....	64
4.9. Adi Kodlama, Shannon Kodlama, Shannon-Fano Kodlama, Geliştirilmiş Fano Kodlama, Huffman Kodlama ve Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodları ile Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus dilleri için kurulan ikili kodların sembol başına taşıdıkları infomasyon miktarları.....	64
4.10. Seçilen Metnin Türkçe ve Rusça çevirilerinde alfabelerindeki harflerin ortaya çıkma frekansları ve olasılıkları.....	66
4.11. Beyaz Sayfaların İngilizce, Fransızca, Almanca, İspanyolca	

çevirilerinde alfabelerindeki harflerin ortaya çıkma frekansları ve olasılıkları.....	67
4.12. Aynı düşünceyi belirten Türkçe, Rusça, İngilizce, Fransızca, Almanca, İspanyolca çevirilerde metnin içerdiği bilgi miktarı.....	68

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ASCII	:American Standart Code for Information Interchange
C	:Kaynak kodu
D	:Kod alfabesinin boyutu
$E\{x\}$	:X rassal değişkeninin beklenen değeri
$F(x)$	:Birikimli dağılım fonksiyonu
$\bar{F}(x)$	:Yenilenmiş birikimli dağılım fonksiyonu
$f(x)$	:X fiziksel sisteminin yoğunluk fonksiyonu
$f(x|y)$	:Y fiziksel sistemi ortaya çıktığında X fiziksel sisteminin yoğunluk fonksiyonu
$H(X)$	:X fiziksel sisteminin entropisi
$H(X,Y)$	:X ve Y sisteminin bileşkesinin entropisi
$H(X|Y)$	:Y sistemi ortaya çıktığında X sisteminin koşullu entropisi
$H_D(X)$	:D'li kaynak kodu kullanan X sisteminin entropisi
$I(X)$	:X fiziksel sisteminin taşıdığı tam bilgi miktarı
I_x	:X fiziksel sisteminin taşıdığı tam bilgi miktarı
I_{x_i}	:Kısmi bilgi miktarı
$I_{Y \rightarrow X}$	:Y sisteminin izlenmesi ile X sistemi ile ilgili edinilen bilgi miktarı
$I_{Y \leftrightarrow X}$	:Karşılıklı bilgi
l_i	:Kod kelimesinin uzunluğu
l_i^*	:Optimal kod kelimesinin uzunluğu
\bar{L}	:Kodun beklenen uzunluğu
L^*	:Optimal kodun beklenen uzunluğu
Lgth	:Length (uzunluk)
max	:Maksimum

$P\{X \sim x\}$	:X fiziksel sisteminin herhangi bir durumu olan x 'in ortaya çıkma olasılığı
$P\{X \sim x_i\}$	:X fiziksel sisteminin x_i durumunda bulunma olasılığı
$P\{X = x_i\}$	:X fiziksel sisteminin x_i değerini aldığı durumun ortaya çıkma olasılığı
$P(x_i)$	:X fiziksel sisteminin x_i değerini aldığı durumun ortaya çıkma olasılığı
p_i	:X fiziksel sisteminin x_i değerini aldığı durumun ortaya çıkma olasılığı
q_j	:Y fiziksel sisteminin y_j değerini aldığı durumun ortaya çıkma olasılığı
S	:Kaynak alfabesi
w_i	:Kod kelimesi
$\lceil x \rceil$	:x 'e eşit ya da x 'ten büyük en küçük tamsayı
(Ω, S, P)	:Olasılık uzayı
\cup	:Bileşim
\cap	:Kesişim
\setminus	:Fark
\notin	:Eleman değil
\approx	:Yaklaşık olarak eşit
$\{x:K\}$	:K koşullarını sağlayan x 'lerin kümesi
[..]	:Köşeli parantez içinde gönderme yapılan eserin Kaynaklar'daki sıra numarası verilmiştir.
(.)	: Formül sayıları sağ kenarda parantez içinde gösterilmiştir.

Alt ve Üst İndisler

alm	:Alman Dili
fr	:Fransız Dili

ing	:İngiliz Dili
isp	:İspanyol Dili
i/s	:Sembol başına bilgi
tr	:Türk Dili
Δx	: $[A,D]$ aralığının boyu

1. GİRİŞ

İnformasyon teorisi, olasılık ve istatistiğin matematiksel teorisinin bir dalıdır. Dolayısıyla, informasyon teorisinin soyut formülleri gözlemlerden oluşan olasılıksal ya da istatistiksel herhangi bir sisteme uygulanabilir. Bu nedenle, informasyon teorisinin olasılık ve istatistik gibi pek çok çeşitli alanlarda uygulaması bulunur. İnformasyon teorisi, iletişim sistemini bir stokastik ya da rassal bir süreç olarak formüle ederek modern iletişim teorisinde önemli bir rol oynar. Tuller 1950 yılında iletişimin istatistiksel teorisinin bazen informasyon teorisi olarak adlandırıldığından bahseder.

Ana çizgileriyle, ne zaman istatistiksel bir deney yapılırsa ya da istatistiksel deneyler tasarlanıp yürütülse, deneyin verdiği informasyon (bilgi) bulunmaya çalışılır. İstatistiksel gözlemler ya da deneylerin belirli bir kümesinden örneklenen anakütle ile ilgili ne kadar sonuç çıkartılabilir? Bu sorunun cevabı informasyon ölçümünün tanımında ve özelliklerinde saklıdır [25].

Yaklaşık yarım asır önce, iletişimin temel aracı olan dilin istatistiksel özellikleri üzerine ilgi, etkin kodların kurulumu gibi pek çok uygulamalı nedenler için geniş alanda yaygınlaşmıştır. 1958’li yıllarda dil bilimi çalışmalarının pek çoğunda, dilin kendi başına belirli kavramsal öz için bir kod gibi kabul edilebileceği görüşü sıkça vurgulanmıştır. Bu ise; bir stokastik sürecin entropisi olan Shannon’un ölçümü, kesikli kod sembollerinin bir kümesi gibi ele alınan dilin informasyon içeriğinin hesaplanması için uygulanabilir [18].

Dillerin istatistiksel özellikleri, yazarın kimliğini saptama, yazılan bir metnin yanlışlarının düzeltilmesi, optik karakter okuyucudan geçirilmiş bir metindeki yanlış ve eksik kısımların düzeltilmesi, otomatik metin sınıflandırma, veri sıkıştırma ve veri güvenilirliği alanlarında yoğun olarak kullanılır [1]. Bunun yanısıra bir dildeki kelimelerin aralanmalarının olasılıklarının tespiti özellikle engellilerin iletişimlerinde oldukça büyük kolaylıklar sağlar [2].

Türk Diline ait istatistiksel özelliklerin araştırılmasına ilişkin bilinen ilk çalışma Milli Eğitim Bakanlığı, Milli Savunma Bakanlığı, Amerikan Askeri Yardım heyeti, Amerikan Ekonomik Yardım Heyeti ve Georgetown Üniversitesi tarafından geliştirilen “Silahlı-Kuvvetler Okuma-Yazma Projesi” çerçevesinde Pierce'nin [3, 4] sözlü ve yazılı metinler üzerinde mekanik sıralıyıcı kullanarak gerçekleştirdiği sözcük sayımlarıdır (toplam metin uzunluğu yaklaşık 100.000 sözcük). Atlı [5] çalışmasını 34.000 dolayında sözcük uzunluklu bir metin üzerinde gerçekleştirir. Toplam sözcük sayısı 22.216 olan bir metin üzerinde ODTÜ’de Ersin Töreci yüksek lisans tezi [6] olarak yaptığı çalışmada; karakterlerin, harflerin köklerde, gövdelerde, sözcüklerde ayrı ayrı geçiş sıklıkları, harflerin sözcüklerin belli konumlarda geçiş sıklıkları, harflerin ikili ve üçlü geçiş sıklıkları, ikili ve üçlü koşullu geçiş olasılıkları, ünlü-ünsüz türünden sözcük örüntüleri, sözcüklerin ünlü ve ünsüz sayılarına göre dağılımı, ardarda iki, üç, dört ünlünün ses uyumuna uygunlukları, ünlüleri ikili ve üçlü geçiş sıklıkları, hece türlerinin geçiş sıklıkları, hecelerin geçiş sıklıkları, hece türlerinin birbirini izleme sıklıkları, hece ve harf sayılarına göre sözcüklerin dağılımı, baş, ara ve son hecelerin kendi aralarında dağılımı, köklerin, gövdelerin ve sözcüklerin ayrı ayrı geçiş sayıları araştırmalarına yer vermektedir [7].

Töreci bu çalışmasında, Shannon'un “Bir dilin harf olasılıkları (gerek koşullu gerekse birlikte geçme olasılıkları) o dilin bir modeli olarak kullanılabilir.” görüşünden yola çıkarak, Türkçenin koşullu harf olasılıklarını kullanarak 2. mertebeye kadar Türkçenin bazı metin örneklerini elde etmiştir. Ardından 1978’de bu çalışmayı geliştirmek amacıyla yazdığı bir bilgisayar programı ile de 9. mertebeye kadar Türkçe metin örneklerini özdevimsel türetmiştir [8].

Türkçenin önemli bir özelliği olan ünlü uyumları ilk kez Tretiakoff [9-12] tarafından incelenmiştir. Tretiakoff bilgisayar yardımıyla Kutadgu Bilik’te ve çağdaş metinlerde yaptığı istatistiksel çalışmalarda, kalın-ince ve düz-yuvarlak uyumlarının tarihsel akış içindeki durumlarını ele almıştır. Gönenç tarafından [13] yapılan benzer bir çalışmada ise Atatürk’ün Nutuk’undan bir bölümün özgün metni, MEB 1000 Temel Eser dizisinde yayımlanan biçimi ve TDK tarafından yayımlanan biçimi

arasında istatistiksel karşılaştırmalar yapılmış ve bir metnin “öztürkçelik” derecesinin göstergesi olabilecek katsayılar önerilmiştir. Ayrıca sözü edilen bu çalışmada ünlü uyumunun çeşitli düzeylerdeki modelleri de ele alınmıştır [7].

Gönenç’in [14] bir diğer çalışmasında, Türkçede hece bölünmesinin belirli kurallara uyduğu gözlenerek ünlü-ünsüz abecesi üstünde bir kodlama dizgesi olarak ele alınan dizgenin (batı kökenli sözcükler için “r” harfi ile birlikte) tek dekodlanabilir olduğu gösterilmiş ve hece bölümü için bir algoritma oluşturulmuştur [7]. Ayrıca 1980’de Gönenç, Türkçe abece için “en iyi birik çözülebilir” (Huffman) ve “en iyi abecesel” kodlarla ön ek özellikli olmayan ama “en iyi abecesel” koddan “daha iyi” olan ve sınamayla bulunmuş özel bir kod vermektedir [15].

Göksu ve Ertaul 1998’de yer değiştirmeli, aktarmalı ve dizi şifreleyicilerde Türkçe’nin yapısal özelliklerini kullanan bir kriptanaliz yapmayı amaçlarlar. Bu amaçla, Türkçenin istatistiksel özellikleri olarak harflerin birer birer görünme frekansları, bir harften sonra diğer harflerin görünme frekansları, iki harften sonra diğer harflerin görünme olasılıklarını incelerler. Türkçenin istatistiksel özelliklerinin bulunması amacıyla çoğunluğu günlük gazetelerden ve makalelerden toplanan 547004 harften oluşan bir metin oluşturulmuş ve metin üzerinde C++ ile yazılan programlar aracılığı ile de harflerin nisbi frekansları ve ikili harf gruplarının yüzdeleri hesaplanmıştır. Sonuçlar kullanılarak bir kriptanaliz örneği geliştirilmiştir [16].

Mehmet Dalkılıç ve Gökhan Dalkılıç 2002’de daha önceki yıllarda yapılan çalışmalara ek olarak Hürriyet gazetesinin internet arşivinden bir Türkçe külliyat oluşturarak 12.5 milyon karakteri aşan bir kaynak üzerinden basılı Türkçenin bazı istatistiksel değerlerini belirlerler. Bu çalışmada derlenen istatistikler tekli, ikili,..., beşli harf gruplarının sıklık dağılımlarını; ilk/son harf çözümlerini; harf başına belirsizliği (entropi) ve fazlalığı; rasgelelik endeksini; sözcük uzunluk dağılımını; sesli/sessiz harf oranlarını içermektedir. Farklı çalışmalarda elde edilen sonuçların birbiriyle uyumluluk derecesini belirlemek amacıyla bir benzerlik ölçütü geliştirilerek mevcut çalışmaların sonuçlarına uygulanmıştır [1].

Gökhan Dalkılıç ve Yalçın Çebi 2003 yılında, Türkçe içeriğe sahip 10 ayrı web sitesinden yola çıkarak, 300MB büyüklüğünde bir külliyat oluştururlar. Bu külliyatı oluşturan web sitelerinde kullanılan kelime sayıları hesaplanmış, tüm külliyat için kelime uzunluk dağılımları incelenmiş ve Türkçe'nin ortalama kelime uzunluğu 6 harf olarak belirlenmiştir [2].

Yapılan bu çalışmaların bazılarında; örneğin Töreci'nin 1978'deki [8], Gönenç'in 1980'deki [15], Dalkılıç ve Çebi'nin 2003'deki [2] çalışmalarında; elde edilen istatistiksel sonuçların kodlama alanında kullanım ortamı bulabileceği önerilmektedir. Ancak bu durum öneri olarak kalmıştır. Konu ile ilgili bu tez çalışması için yapılan literatür taramasında, dilin istatistiksel özelliklerini kullanarak yapılan ayrıntılı kodlama çalışmasına rastlanamamıştır. Bu nedenle böyle bir eksikliğin giderilmesi amacıyla, bu tezde, dillerin istatistiksel özellikleri (harflerin ortaya çıkma olasılıkları, entropi, beklenen uzunluk ve sembol başına bilgi miktarı) kullanılarak kodlama teknikleri (Adi Kodlama Metodu, Shannon Kodlama Metodu, Shannon-Fano Kodlama Metodu, Geliştirilmiş Fano Kodlama Metodu, Huffman Kodlama Metodu ve Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodu) ile dilin kodlanması çalışmasının ele alınması uygun görülmüştür. Böylece kodlama teknikleri sayesinde elde edilen kodların daha hızlı ve daha ekonomik bilgisayar teknolojisinin geliştirilmesinde yararı saptanabilir. Gerçekten de, kodlama teorisi günümüzdeki iletişim teknolojisine ulaşmayı sağlayan en önemli bilim dallarındandır. Son geliştirilen iletişim araçlarından biri olan bilgisayar, ASCII kodları (American Standart Code for Information Interchange) sayesinde hafızaya alma, bilgi depolama ve iletme özelliğine sahiptir [26]. 1970'li yıllarda dünya çapında bilgi alış-verişini hızlandıran internetin geliştirilmesinin ardından kodlama teorisi ile veri sıkıştırmanın önemi artmıştır. Veri sıkıştırma yazılımları sayesinde 100 KB büyüklüğünde bir veri dosyası 50 KB'ye indirgenebilir, böylece diske depolamak kolaylaşır ve internet bağlantısı üzerinden iletimi hızlanır.

Buradan hareketle, bu tezde iletişim teorisinde önemli bir yeri olan kayıpsız veri sıkıştırmasında kullanılabilen istatistiksel kodlama teknikleri ele alınmıştır. Bu

tekniklerden Adi Kodlama, Shannon Kodlaması, Shannon-Fano Kodlaması, Huffman Kodlaması, Geliştirilmiş Fano Kodlaması, Shannon-Fano-Elias Kodlaması kullanılarak Türkçe, İngilizce, Rusça, Almanca, Fransızca ve İspanyolca dilleri için ikili kodlar oluşturulmuştur. Burada önemli olan durum, bu dillere uygulanan kodlama tekniklerine göre optimalliğin (en az sembol kullanarak kodlamanın gerçekleştirilmesi) irdelenmesidir. Bu amaçla, kodlama tekniklerinin Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol dillerine göre optimallikleri karşılaştırılarak hangi kodlama tekniğinin hangi dili daha optimal kodladığının saptanması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, kodlama tekniklerinin her biri ile söz konusu 6 dil için ikili kodlar oluşturulmuştur. Oluşturulan ikili kodların sembol başına taşıdıkları bilgi miktarına göre kodlama tekniklerinin arasından optimal olan kodlama tekniği belirlenmiştir.

Bu uygulama çalışmasının yanısıra, ele alınan Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol dillerin her biri alternatif kodlar olarak kabul edilmiştir. Aynı anlama sahip olan bir metnin söz konusu dillerdeki çevirisi ele alınmıştır. Böylece, aynı düşünceyi ifade eden metinlerin hangi dil tarafından daha optimal kodlandığı araştırılmıştır. Başka deyişle, dillerin söz konusu metin için taşıdıkları bilgi miktarı dikkate alınarak çoklu karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bu tezde yapılan çalışmalar dört bölümde ele alınmıştır.

Birinci bölümde, konuya genel giriş yapılmıştır. Türkiye’de günümüze kadar entropi ve bilgi ile ilgili yapılan dil çalışmalarının geniş bir literatür taramasına yer verilmiştir. Kodlama tekniklerinin uygulaması ile ilgili eksiklikler belirlenerek bunların giderilmesi hedeflenmiştir.

İkinci bölümde, kodlama tekniklerinin daha net anlaşılabilmesi ve uygulamada yorumların kolaylıkla yapılabilmesi amacıyla entropi, bilgi ve kodlama teknikleri ile ilgili bazı temel kavramlar üç alt bölümde ele alınmıştır. İlk olarak Bölüm 2.1’de entropi ile ilgili olarak belirsizliğin ölçümü, sonlu sayıda durumlara sahip fiziksel sistem ve durumu sürekli değişen sistemler için entropi ve özellikleri kavramı verilmiştir. Bölüm 2.2’de bilgi ile ilgili olarak sonlu

sayıda durumlara sahip fiziksel sistemlerin ve durumu sürekli değişen sistemlerin informasyonu ve özellikleri verilmiştir. Son olarak Bölüm 2.3’de de kodlama tekniklerine ilişkin kaynak kodu, beklenen uzunluk, ön ek-koşul kodu, Kraft Eşitsizliği ve kodun optimalliği kavramları ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, Bölüm 2.3’de ele alınan kavramlar yardımıyla istatistiksel kodlama teknikleri: Adi Kodlama, Shannon Kodlaması, Shannon-Fano Kodlaması, Geliştirilmiş Fano Kodlaması, Huffman Kodlaması ve Shannon-Fano-Elias Kodlaması tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde öncelikle üçüncü bölümde tanıtılan kodlama tekniklerinin her biri ayrı ayrı alt bölümlerde Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol dilleri olmak üzere 6 dil için elle hesaplanmıştır. Uygulamaya geçmeden önce her bir dil için ele alınan kaynak alfabeleri tanıtılmış ve her bir alfabenin içerdiği harflerin ilgili olasılık değerleri Çizelge 4.1-4.3’te verilmiştir. Bu uygulama esnasında kodlama tekniklerinin ikili kodlar oluştururken izledikleri aşamalar daha kolay uygulanabilir biçimde ele alınmıştır. Her bir kodlama tekniğinin, her bir dil için oluşturduğu ikili kodlar ve kod oluşturma sürecinde kullanılan bazı önemli sayısal değerler hesaplanmış ve çizelgeler halinde Ek 1-17’de sunulmuştur. Kodlama süreci sonucunda elde edilen ikili kodları kullanarak her bir kodlama tekniğinin söz konusu 6 dil için beklenen uzunlukları, entropileri ve sembol başına taşıdıkları informasyon miktarları, ikinci bölümde ele alınan kavramlar yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan bu sayısal değerler her bir kodlama tekniği için ayrı ayrı Çizelge 4.4-4.8’lerde her alt bölümün sonunda özetlenmiştir ve ilgili yorumlar Bölüm 2.3.5’den yola çıkarak yapılmıştır. Tüm kodlama tekniklerinin incelenmesi sona erince ulaşılan sonuçların daha net görülmesi amacıyla Çizelge 4.9 oluşturulmuştur. Sonuçta, Huffman Kodlamasının ele alınan 6 dil için en optimal kodlamayı gerçekleştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Dördüncü bölümde ikinci uygulama olarak, ilk uygulamadaki Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol dilleri kodlama türleri olarak ele alınmıştır. Her bir dilin kendi kaynak alfabetesindeki harfler yardımıyla kelimeleri, kelimeler yardımıyla

cümleleri, cümleler yardımıyla paragrafları ve paragraflar yardımıyla düşünceleri kodladığı düşünülebilir. Düşüncelerin kodlanması ile insanoğlu iletişim kurabilmekte ve bu iletişim sayesinde de teknoloji hızla ilerlemektedir. Bu noktada sorun, hangi dilin düşünceleri kodlamada daha optimal bir kodlama türü olduğu etrafında yoğunlaşır. İşte bu sorunun yanıtını bulmak amacıyla bu çalışmada, aynı düşüncenin anlatıldığı, orijinali İngilizce olan bir metnin Fransızca, Almanca, Rusça, İspanyolca ve Türkçe çevirileri olmak üzere 6 dilde anlatımı ele alınarak her bir dil için kaynak alfabesindeki harflerin olasılıkları bilgisayar ortamında hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.10-4.11’de verilmiştir. Hesaplanan bu olasılıklardan yola çıkarak ele alınan ilgili dillerde çevirisi mevcut olan metnin her bir dil için ayrı ayrı entropisi hesaplanmış (Çizelge 4.12) ve 6 dildeki metnin içerdiği bilgi miktarı ile ilgili yorumlar yapılmıştır. Sonuçta, en az bilgi kullanarak söz konusu metindeki düşünceleri anlatan birinci sıradaki dil İngilizce ve ikinci sıradaki dil ise Türkçe olarak belirlenmiştir.

2. KONUYA İLİŞKİN TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde, kodlama tekniklerinin tanıtımında ve bu kodlama tekniklerinin kullanılması ile hedeflenen araştırmanın yapılmasında gereksinim duyulan bazı temel kavramlar verilmiştir. Entropi kavramının tanıtılması amacıyla; belirsizliğin ölçümü, sonlu sayıda durumlara sahip fiziksel sistem ve durumu sürekli değişen sistemler için entropi ve özellikleri ele alınmıştır. İnfomasyon kavramının tanıtılması amacıyla da; sonlu sayıda duruma sahip fiziksel sistemlerin ve durumu sürekli değişen sistemlerin infomasyonu ve özellikleri ele alınmıştır. Kodlama tekniklerinin anlaşılabilmesi amacıyla; kaynak kodu, beklenen uzunluk, ön ek-koşul kodu, Kraft eşitsizliği ve kodun optimalliği kavramları yeterli ayrıntıyla ele alınmıştır.

2.1 Entropi

Günümüzde entropi kavramı, çeşitli alanlarda karşılaşılan olasılıksal sistemlerin formülasyonunda artarak önemli bir rol oynamaktadır. Entropi, hem eski hem de modern bir kavramdır. İlk olarak Clausius tarafından 19. yy'ın ortalarında termodinamik alanında tanıtılmıştır. Ardından Boltzmann entropi ifadesini istatistiksel mekaniğe taşımıştır. Termodinamikte ya da istatistiksel mekanikte entropi, termodinamiksel sistemde var olan düzensizliğin derecesinin bir ölçümüdür [24].

2.1.1 Sonlu sayıda durumlara sahip fiziksel sistemin entropisi ve özellikleri

Varsayalım ki, $X=[x_i; i \in I]$ ve $Y=[y_j; j \in J]$ sonlu olasılık uzayı (Ω, S, P) 'de olaylardan oluşan fiziksel sistemlerdir ve X fiziksel sisteminin x durumunda bulunma olasılığı belli olmayan bir sebepten dolayı herhangi bir yolla değişmekte olduğu göz

önüne alınsın. Bu değişim dp ile gösterilsin. Belli bir büyüklüğün değişimi $\frac{dp}{p}$, bu sistemin durumunun olasılığının değişiminin ortalamasını ifade eder. Bu büyüklüğe entropi denir. Bu büyüklük c ile ifade edelirse,

$$dc = \frac{dp}{p} \quad (2.1)$$

ile gösterilir.

Burada c ile p arasında ters ilişki vardır. Eğer sistemin belli bir durumda bulunma olasılığı artarsa sistemin entropisi azalır ve tersine, sistemin belli bir durumda bulunma olasılığı azalır ise sistemin entropisi artar. (2.1) ifadesi 1'den p 'ye integrallenirse,

$$c(p) = -\ln p \quad (2.2)$$

elde edilir. (2.2) eşitliği sistemin yalnız bir durumunu ifade eder.

X fiziksel sisteminin bulunabileceği durumların gerçekleşme olasılığı, $P\{X \sim x_i\} = P(x_i)$, $i=1,2,\dots,n$ olsun. x_i durumunun entropisi,

$$c(P(x_i)) = -\log P(x_i), i=1,2,\dots,n$$

olur.

Buradan, bu rassal değişkenin matematiksel beklentisi:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \cdot \log P(x_i) \quad (2.3)$$

olarak elde edilir. (2.3) eşitliği X sisteminin tam entropisini ifade eder, başka bir deyişle onun bulunabileceği durumların entropilerinin matematiksel beklentisine eşittir [28].

X ve Y sistemlerinin bileşkesi, bileşke sisteminin entropisidir [23],

$$H(X, Y) = -\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P(x_i \cap y_j) \log P(x_i \cap y_j). \quad (2.4)$$

Y sistemi ortaya çıktığında X sisteminin koşullu entropisi:

$$H(X|Y) = -\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P(x_i \cap y_j) \log P(x_i | y_j). \quad (2.5)$$

Entropinin bazı özellikleri aşağıda verilmiştir [23]:

I. İmkansız bir olayın (sıfır olasılıklı bir olayın) dahil edilmesiyle entropi değişmez. Böylece,

$$X'_{n+1}(p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_n), 0) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i) - 0 \cdot \log 0 = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i)$$

$$X'_{n+1}(p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_n), 0) = X_n(p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_n)).$$

II. $0 < p(x_i) < 1$ olduğunda $\log p(x_i) < 0$ ve $\log p(x_i) > 0$ 'dır; $p(x_i) = 0$ ya da 1 olduğunda $p(x_i) \log p(x_i) = 0$ 'dır. Bunu ise, $-p(x_i) \log p(x_i) \geq 0$ izler, böylece $H(X)$ asla negatif değildir.

III. $\sum_{i=1}^n p(x_i) = 1$ olması koşulu altında entropinin maximum değerini

bulmak için Lagrange metodu kullanılır. Bu durumda, Lagrange,

$$L = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i) - \lambda \left(\sum_{i=1}^n p(x_i) - 1 \right). \quad (2.6)$$

Entropinin ekstremuma sahip olması için gerek koşul; (2.6) fonksiyonu için $\sum_{i=1}^n p(x_i) = 1$ koşulunun sağlanmasıdır. Buradan hareketle (2.6) eşitliğinde $p(x_1)$, $p(x_2), \dots, p(x_n)$ 'e göre differansiyeli alınırsa,

$$-(1 + \log p(x_i)) - \lambda = 0, \quad i=1, 2, \dots, n \quad (2.7)$$

elde edilir. Buradan da,

$$p(x_1) = p(x_2) = \dots = p(x_n) = \frac{1}{n} \quad (2.8)$$

bulunur.

Öte yandan, koşullu ekstremumun yeter koşuluna göre İkinci-mertebeden Hessian matrisi,

$$\begin{bmatrix} -\frac{1}{p(x_1)} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -\frac{1}{p(x_2)} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & -\frac{1}{p(x_n)} \end{bmatrix}, \quad (2.9)$$

her zaman negatif tanımlanır, böylece (2.8)'deki değerler bir maksimum değer tanımlarlar. Başka bir deyişle, Taylor açılımının 2. dereceden kuvvetleri içeren karesel biçim, negatif tanımlanır.

IV. $H(X)$ 'nin maksimum değeri uniform (düzgün) dağılır:

$$U = \underbrace{\left(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n} \right)}_{n \text{ tane}}$$

böylece tüm olasılıklar eşittir. Bu özellik istenen bir özelliktir, çünkü tüm çıktılar eşit olasılıklı olduğunda entropi maksimum olacaktır.

V. Entropinin maksimum değeri,

$$H(U) = -\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \log \frac{1}{n} = \log n. \quad (2.10)$$

Çünkü, $\ln n$, $H(U)$ 'nun olduğu gibi n 'nin artan bir fonksiyonudur. Bunun sonucunda daha fazla çıktı mümkün olduğu zaman maksimum belirsizlikte bir artış olacaktır.

VI. Toplamsallık özelliği: X ve Y rassal değişkenlerinin bağımsız sistemleri sırasıyla $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ ve $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ olasılıklarına sahip olsun, böylece,

$$P(X = x_i) = p_i, \quad P(Y = y_j) = q_j, \quad P(X = x_i, Y = y_j) = P(X = x_i)P(Y = y_j) = p_i q_j.$$

X ve Y 'nin bileşke sistemi için $p_i q_j$, $i=1,2,\dots,n$ ve $j=1,2,\dots,m$ olasılıklı mn tane mümkün çıktı vardır, böylece bileşke sistemi (X,Y) ile belirtilirse, entropi,

$$H(X, Y) = -\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p_i q_j \log(p_i q_j) = -\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p_i q_j \log p_i - \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p_i q_j \log q_j$$

$$H(X, Y) = \left(-\sum_{j=1}^m q_j \right) \left(\sum_{i=1}^n p_i \log p_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n p_i \right) \left(\sum_{j=1}^m q_j \log q_j \right) = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i - \sum_{j=1}^m q_j \log q_j$$

$$H(X, Y) = H(X) + H(Y).$$

İki bağımsız sistem için bileşke sistemin entropisi iki sistemin entropileri toplamına eşittir.

VII. Güçlü toplamsallık özelliği: Eğer X ve Y sistemleri bağımlı ise, $P(X = x_i) = p_i$, $P(Y = y_j|X = x_i) = q_{ij}$ olsun, böylece $P(X = x_i, Y = y_j) = p_i q_{ij}$ ve buradan,

$$H(X, Y) = -\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p_i q_{ij} \log p_i q_{ij} = -\sum_{i=1}^n \left(p_i \ln p_i \sum_{j=1}^m q_{ij} \right) - \sum_{i=1}^n \left(p_i \sum_{j=1}^m q_{ij} \log q_{ij} \right).$$

Şimdi,

$$\sum_{j=1}^m q_{ij} = \sum_{j=1}^m P(Y = y_j|X = x_i) = 1$$

olur çünkü, $X = x_i$ olduğunda Y 'nin y_1, y_2, \dots, y_m değerlerinden birini alması gerektiği kesindir. Böylece, $(q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{im})$, ilk deney $X = x_i$ 'de sonuçlandığında ikinci deneyin çıktılarının koşullu olasılık sistemini temsil etmektedir. Böylece,

$$H(X, Y) = H(X) + \sum_{i=1}^n p_i H(Y|X = x_i), \quad (2.11)$$

burada $H(Y|X = x_i)$, ilk deney i . çıktıda sonuçlandığında ikinci deneyin çıktılarının koşullu olasılık dağılımının entropisidir. Bu eşitlik ayrıca,

$$H(X, Y) = H(Y) + \sum_{j=1}^m q_j H(X|Y = y_j) \quad (2.12)$$

olarak da yazılabilir. Buna göre;

$$H(X, Y) = H(X) + H(Y|X) = H(Y) + H(X|Y) \quad (2.13)$$

(2.13) eşitliğine *güçlü toplamsallık* denir.

Eğer X sistemi Y sistemini tamamen belirtmiş bir sistem ise ($P(Y|X)=1$), o zaman $H(X,Y)=H(X)$ olur.

(2.13) eşitliği sonlu sayıda sistemlerin oluşturduğu bağımlı bileşke sistemler için de geçerlidir [28].

Varsayalım ki, X_1, X_2, \dots, X_r verilmiş sistemler olsun, bu durumda

$$H(X_1, X_2, \dots, X_r) = H(X_1) + H(X_2|X_1) + H(X_3|X_1 X_2) + \dots + H(X_r|X_1 X_2 \dots X_{r-1})$$

olur.

2.1.2 Durumu sürekli değişebilir sistemler için entropi

Durumları sürekli değişebilir sistemler için entropi kavramı, sonlu sayıda durumlarda bulunabilir sistemler için entropi kavramı yardımıyla tanımlanabilir. Durumu sürekli değişebilir sistem sürekli rassal değişken olarak ele alınabilir. Durumu sürekli değişebilir sistemlerin durumu sayılar ya da vektörler yardımıyla ifade edilebiliyorsa, bu tür sistemin durumları, sürekli rassal değişken gibi ele alınabilir [28].

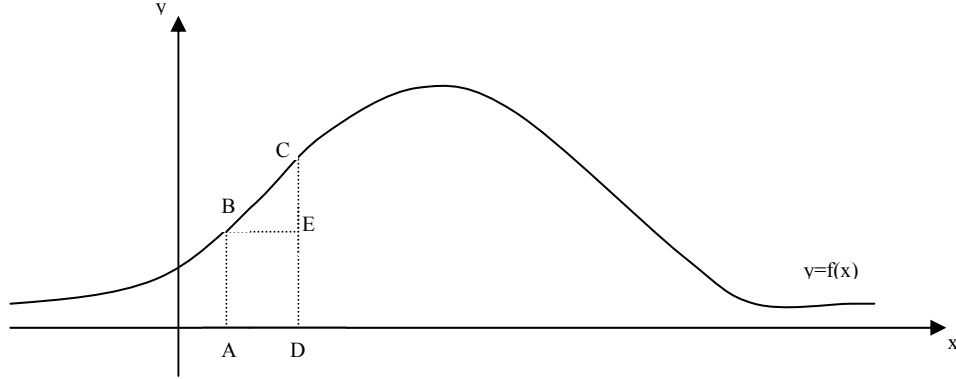
X ve Y fiziksel sistemleri verilmiş olsun ve bu sistemlere uygun rassal değişkenlerin yoğunluk fonksiyonları $f(x)$ ve $f(y)$ olsun ve bileşke yoğunluk fonksiyonu $f(x,y)$ olsun. Yoğunluk fonksiyonunun tanımı gereği,

1) $f(x) > 0$, $f(y) > 0$ ve $f(x,y) > 0$

2) $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$, $\int_{-\infty}^{+\infty} f(y)dy = 1$, $\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x,y)dxdy = 1$

$f(x)$ yoğunluk fonksiyonunun grafiğini Şekil 2.1'deki gibi ele alalım,

Şekil 2.1 $f(x)$ yoğunluk fonksiyonunun grafiği



$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1 \text{ olması, eğri yayı altında kalan sınırsız alanın 1'e eşit olduğu}$$

anlamına gelir. Bu alan, $y=0$ doğrusu Δx uzunluğundaki alanlara bölünebilir. Alt tabanı Δx olan ABCD eğrisel yamuğunun alanının tabanı Δx ve uzunluğu $f(x_i)$ olan ABDE dikdörtgen ile değiştirilsin. Bu durumda eğri altındaki $y=0$ doğrusu ile sınırlanan alan yaklaşık olarak $f(x_i)\Delta x$ olan dikdörtgenlerin toplamı ile ifade edilebilir, $S = \sum_{i=1}^n f(x_i)\Delta x$.

Burada, $f(x_i)\Delta x$ rassal değişkeninin değerlerinin Δx aralığında bulunma olasılığıdır. Dolayısıyla,

$$p_i = f(x_i)\Delta x ;$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx \approx S \approx 1.$$

Kesikli rassal değişkenin entropi kavramından yararlanılarak, $n \rightarrow \infty$ için limit alınarak, durumu sürekli değişebilir sistemler için entropi eşitliği ele alınsın.

$$\begin{aligned}
H_{\Delta x}^{(n)} &= \sum_{i=1}^n p_i \log p_i = -\sum_{i=1}^n (f(x_i)\Delta x) \log(f(x_i)\Delta x) \\
H_{\Delta x}^{(n)} &= -\sum_{i=1}^n (f(x_i)\Delta x) (\log f(x_i) + \log \Delta x) \\
H_{\Delta x}^{(n)} &= -\sum_{i=1}^n (f(x_i) \log f(x_i)) \Delta x - \sum_{i=1}^n f(x_i) \Delta x \log \Delta x
\end{aligned} \tag{2.14}$$

(2.14) eşitliğinde $n \rightarrow \infty$ yaklaştığında,

$$\begin{aligned}
\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n (f(x_i) \log f(x_i)) \Delta x &= \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \log f(x) dx \\
\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i) \log \Delta x \Delta x &= \log \Delta x \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i) \Delta x = \log \Delta x \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = \log \Delta x .
\end{aligned}$$

Bu sonuçtan yola çıkarak,

$$H_{\Delta x}^{(n)} = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \log f(x) dx - \log \Delta x \tag{2.15}$$

elde edilir. Bu eşitlik matematiksel beklenti şeklinde, $H_{\Delta x}^{(n)} = E\{-\log[f(x)\Delta x]\}$ yazılabilir.

(2.15) eşitliğine göre $\Delta x \rightarrow 0$ iken $-\log \Delta x \rightarrow +\infty$ 'dur ve bu nedenle de $H_{\Delta x}^{(n)} \rightarrow +\infty$ 'dur. Başka bir deyişle, sürekli sistemin belirsizliğini gidermek için sonsuz miktarda bilgi gerekir ancak Δx 'in sonlu bir sayı olduğu kabul edilirse (2.15) eşitliği tam anlamı ile entropiyi ifade etmiş olur [28].

Durumu sürekli değişebilir iki sistemin bileşkesinin entropisi,

$$H_{\Delta x \Delta y} = - \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y) \log f(x, y) dx dy - \log \Delta x \Delta y$$

ve matematiksel beklenti şeklinde,

$$H_{\Delta x \Delta y} = E\{-\log[f(x, y)\Delta x \Delta y]\}$$

ifade edilebilir.

X sistemi x durumunda bulunduğu Y sisteminin entropisi,

$$H(Y|x) = -\int_{-\infty}^{+\infty} f(y|x) \log f(y|x) dy - \log \Delta y \quad \text{ya da} \quad H(Y|x) = E\{-\log f(Y|x)\Delta y\}$$

eşitliği ile ifade edilir.

X sistemi ortaya çıktığında Y sisteminin entropisi,

$$H(Y|X) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, y) \log f(y|x) dx dy - \log \Delta y$$

böylece

$$H(Y|X) = E\{-\log f(y|x)\Delta y\} \quad (2.16)$$

dir.

X ve Y sistemlerinin bileşkesinin entropisi,

$$H(X, Y) = E\{-\log f(x, y)\Delta x \Delta y\}. \quad (2.17)$$

(2.16) ve (2.17) eşitliği arasındaki ilişki,

$$H(X, Y) = H(X) + H(Y|X) \quad (2.18)$$

eşitliği ile gösterilir [28].

2.1.3 Entropinin ölçüm birimi

En basit sistem olarak iki duruma sahip ve her durumunun gerçekleşme olasılığı eşit olan bir fiziksel sistem ele alınabilir. Bu sistemin entropisi, ancak (2.3) eşitliğindeki logaritmanın tabanı 2 olarak kabul edildiğinde 1'e eşittir ve bu da aynı zamanda Bölüm 2.1.1'de ele alınan entropinin III. özelliğine göre sistemin maksimum entropisidir. Böylece iki duruma sahip her durumunun gerçekleşme olasılığı $\frac{1}{2}$ olan fiziksel sistemin belirsizliği entropi birimi olarak kabul edilir. Buradan hareketle, entropi birimine $\{0,1\}$ ikili sistemindeki 0 ya da 1 anlamındaki *binary digit* (ikili sembol) kelimesinin kısaltması olan *bit* denir.

2.2 İnfomasyon

Belirsizlik dış dünyayı algılamada önemli bir rol oynar. Belirsizliğin ölçülmesi, azaltılması, düzenlenmesi ve özellikle kontrol edilmesi kompleks yapısının bilimsel olarak anlaşılması için önemlidir. Herhangi bir disiplin bu konuyu anlamak için yardımcı olabilir [23].

Belirsizliği azaltmak için belirsizliğin söz konusu olduğu sistem ile ilgili önemli bilgilere gereksinim duyulur. Bu açıdan sistem ile ilgili infomasyon alınması sistemin entropisinin azalması anlamına gelir.

Varsayalım ki, X fiziksel sistemi verilmiştir. Bu fiziksel sistemin entropisi $H(X)$ olsun. İnfomasyon denildiğinde sistemin entropi değişimi anlaşılır. Başka bir deyişle, sistemin önceki entropisi $H(X)$, sistem ile ilgili bilgi kazandıktan sonraki ya da bilgi kaybettikten sonraki entropisi $H'(X)$ ise

$$I(X) = H(X) - H'(X)$$

farkı infomasyondur. Eğer sistem ile ilgili tüm bilgiler elde edilirse sistemin son durumunun entropisi $H'(X)=0$ olur. Bu durumda, tam infomasyon,

$$I(X) = H(X) - 0$$

$$I(X)=H(X)$$

eşit olur. Bu ise informasyonun ölçüm açısından entropiye eşit olduğu sonucunu verir. Artış pozitif de negatif de olabildiğinden informasyon da hem pozitif hem de negatif olabilir [28].

$$I_x = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (2.19)$$

eşitliği tam informasyon miktarını ifade eder.

Sistemin verilmiş x_i durumunda bulunma olasılığı ile elde edilen

$$I_{x_i} = -\log_2 p_i \quad (2.20)$$

eşitliği ise kısmi informasyon miktarını ifade eder.

(2.20) eşitliğinden de anlaşılacağı gibi gerçekleşme olasılığı küçük olan olayın içerdiği informasyon miktarı, gerçekleşme olasılığı büyük olan olayın içerdiği informasyon miktarından fazladır [28].

2.2.1 Sonlu sayıda durumlara sahip fiziksel sistemin informasyonu

Varsayalım ki, X fiziksel bir sistemdir. Bu sistemin bulunduğu durumlar x_1, x_2, \dots, x_n ve bu durumlarda bulunma olasılıkları $P(X \sim x_i) = p_i$ ile gösterilsin. Bu durumda sistemin tam informasyonu gösterilirse sistemin tam informasyonu;

$$I_x = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (2.21)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Bu sistemin kısmi informasyonu ise

$$I_{x_i} = -\log_2 p_i \quad (2.22)$$

eşitliği ile elde edilir.

2.2.2 Durumu sürekli değişen sistemler için bilgi

Varsayalım ki X ve Y fiziksel sistemleri verilmiş olsun. Bu sistemlerden biri gözlemlenerek diğeri ile ilgili bilgi elde edilebiliyor olsun. X sisteminin entropisi H(X) ve bu entropinin aşılması için gerekli bilgi miktarı I_x , Y sisteminin entropisi H(Y) ve bu entropinin aşılması için gerekli bilgi miktarı I_y olsun. Y sistemi ortaya çıktığında X sisteminin koşullu entropisi (*Bkz. Bölüm 2.1.1, (2.5) eşitliği*) $H(X|Y)$ olsun. Böylece, Y sisteminin izlenmesi ile X sisteminin entropisinde gerçekleşen azalma miktarı olan bilgi miktarı [28],

$$I_{Y \rightarrow X} = H(X) - H(X|Y) \quad (2.23)$$

ile ifade edilir.

Bölüm 2.1.1’de anlatılan entropinin güçlü toplamsallık özelliği gereği (*Bkz. Bölüm 2.1.1, vii. özellik, (2.13) eşitliği*),

$$\begin{aligned} H(X, Y) &= H(X) + H(Y|X) \\ H(Y, X) &= H(Y) + H(X|Y). \end{aligned} \quad (2.24)$$

olduğu görülmektedir. (2.24) eşitliklerinden $I_{Y \rightarrow X} = I_{X \rightarrow Y}$ elde edilir.

(2.23) eşitliğinde H(X) ve $H(X|Y)$ değerleri yerine yazılırsa,

$$I_{Y \rightarrow X} = E\{-\log f_1(x)\} - E\{-\log f(x|y)\} \quad (2.25)$$

elde edilir. Burada X ve Y fiziksel sistemlerinin yoğunluk fonksiyonları sırasıyla $f_1(x)$ ve $f_2(y)$ olsun. Y fiziksel sistemi ortaya çıktığında X fiziksel sisteminin yoğunluk fonksiyonu $f(x|y)$ ve tersine X fiziksel sistemi ortaya çıktığında Y fiziksel sisteminin yoğunluk fonksiyonu $f(y|x)$ olsun. Bu durumda,

$$f(x|y) = \frac{f(x, y)}{f_2(y)} \quad (2.26)$$

eşitliği (2.25)'deki yerine yazılırsa,

$$I_{Y \rightarrow X} = E\{-\log f_1(x)\} - E\left\{-\log \frac{f(x, y)}{f_2(y)}\right\} \quad (2.27)$$

$$I_{Y \rightarrow X} = E\left\{\log \frac{f(x, y)}{f_1(x)f_2(y)}\right\} \quad (2.28)$$

elde edilir.

Aynı işlemler $I_{X \rightarrow Y} = H(Y) - H(Y|X)$ eşitliği ile uygulanırsa sonuç değişmez:

$$I_{Y \rightarrow X} = I_{X \rightarrow Y} = I_{Y \leftrightarrow X} = E\left\{\log \frac{f(x, y)}{f_1(x)f_2(y)}\right\} \quad (2.29)$$

eşitliği bize bilgi miktarını vermektedir.

2.2.3 İnfomasyonun özellikleri

I. Karşılıklı infomasyon eşitliği,

$$I_{Y \rightarrow X} = H(X) + H(Y) - H(X, Y) \quad (2.30)$$

ile verilir. Bu eşitliğin anlamı; birbirine bağımlı iki sistem verildiğinde, bu sistemlerden biri incelenerek elde edilen infomasyon içerisinde diğeri sistem ile ilgili ne kadar infomasyon miktarı bulunduğunun incelenmesidir. Bu eşitliğe *sistemden sisteme infomasyon* denir [28].

II. Karşılıklı infomasyon eşitliği (2.30)'da bulunan entropi ifadelerinin yerine matematiksel beklentilerin ifadeleri yazılırsa,

$$I_{Y \rightarrow X} = E \left\{ \log \frac{p(x, y)}{p(x) \cdot p(y)} \right\} \quad (2.31)$$

elde edilir.

$P(X \sim x_i, Y \sim y_j) = P_{ij}$, $P(X \sim x_i) = p_i$, $P(Y \sim y_j) = q_j$, $i = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere (2.31) eşitliğini aşağıdaki gibi açık yazılsın.

$$I_{Y \rightarrow X} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \log \frac{p_{ij}}{p_i q_j}, \quad (2.32)$$

burada $P(x_i | y_j) = \frac{p_{ij}}{q_j}$ ya da $p_{ij} = q_j \cdot P(x_i | y_j)$ olduğundan,

$$I_{Y \rightarrow X} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_j P(x_i | y_j) \log \frac{q_j P(x_i | y_j)}{p_i q_j} \quad (2.33)$$

elde edilir. (2.33) eşitliğini farklı olarak

$$I_{Y \rightarrow X} = \sum_{j=1}^m q_j \sum_{i=1}^n p(x_i | y_j) \log \frac{P(x_i | y_j)}{p_i} \quad (2.34)$$

şeklinde yazılabilir. Bu durumda, Y sisteminin y_j durumunda iken X sistemi ile ilgili içerdiği bilgiyi,

$$I_{y_j \rightarrow X} = \sum_{i=1}^n P(x_i | y_j) \log \frac{P(x_i | y_j)}{p_i} \quad (2.35)$$

eşitliği ile verilir. Başka bir deyişle, bu eşitlik Y sisteminde y_j olayının gerçekleşmesi ile elde edilen bilgi miktarı içerisinde X sistemi ile ilgili ne kadar miktarda bilgi olduğunu ifade eder. (2.35) eşitliğine olaydan sisteme bilgi denir [28].

III. (2.35) eşitliğinde yer alan $\log \frac{P(x_i | y_j)}{p_i}$, Y sisteminde y_j olayı

gerçekleştiğinde elde edilen bilgi miktarı içerisinde X sisteminde x_i olayı ile ilgili ne kadar bilgi miktarı olduğunu ifade eder. Bundan dolayı,

$$I_{y_j \rightarrow x_i} = \log \frac{P(x_i | y_j)}{p_i} \quad (2.36)$$

eşitliğine olaydan olaya bilgi denir [28].

$I_{Y \rightarrow X}$ ve $I_{y_j \rightarrow X}$ informasyonları pozitifdir, ancak $I_{y_j \rightarrow x_i}$ informasyonu pozitif de olabilir negatif de olabilir. Buradan yola çıkarak şu sonuçlara varılır [28]:

$$\text{Sonuç 1: } H(X|Y) \leq H(X) \quad (2.37)$$

eşitsizliği kısmi entropinin tam entropiyi aşmaması teoremidir.

$$\text{Sonuç 2: } H(X, Y) \leq H(X) + H(Y) \quad (2.38)$$

(2.8) eşitsizliği, bileşke sistemin entropisinin bu sistemi oluşturan sistemlerin entropileri toplamını aşmaması teoremidir.

Sonuç 3: Eğer $Y \sim y_j$ olayı $X \sim x_i$ olayının gerçekleşme olasılığını azaltıyor ise (2.36) eşitliğinde,

$$\frac{P(x_i|y_j)}{p_i} < 1$$

olur. Bunun sonucunda $I_{y_j \rightarrow x_i} < 0$ olur.

Eğer $P(x_i|y_j) \rightarrow 0$ ise $I_{y_j \rightarrow x_i} \rightarrow -\infty$ olur. Buradan da anlaşılmaktadır ki negatif informasyon miktarı olabilir.

Sonuç 4: Eğer $Y \sim y_j$ olayı $X \sim x_i$ olayının gerçekleşme olasılığını arttırıyor ise (2.36) eşitliğinde,

$$\frac{P(x_i|y_j)}{p_i} > 1$$

olur. Bu durumda $I_{y_j \rightarrow x_i} > 0$ olur.

2.3 Kodlama Teknikleri ile İlgili Bazı Temel Kavramlar

Bu bölümde, optimal kodlama metodu belirlenirken dikkat edilmesi gereken bazı temel kavramlar tanıtılmıştır. Ayrıca Bölüm 3'te tanıtılan kodlama tekniklerinin daha kolay anlaşılması hedeflenmiştir.

2.3.1 Kaynak kodu

Bir S rassal değişkeni için kaynak kodu C , S 'in görüntüler bölgesi olan kaynak alfabeti S 'den sembollerin sonlu uzunluktaki diziler kümesine W 'ye bir fonksiyondur, $C : s_i \rightarrow w_i, i=1, 2, \dots, n$ [22].

Örneğin: $C(\text{siyah})=00$, $C(\text{beyaz})=01$, $C(\text{sarı})=10$, $C(\text{kırmızı})=11$, $D=\{0,1\}$ kaynak alfabeti ile $S=\{\text{siyah, beyaz, sarı, kırmızı}\}$ için bir kaynak kodudur.

2.3.2 Beklenen uzunluk

$C(s)=w_i$, s 'e karşı gelen kod kelimesi olsun ve $l(w_i)$, $C(s)$ 'in uzunluğu olsun. Olasılık kütle fonksiyonu $p(s)$ ile bir S rassal değişkeni için $C(s)$ kaynak kodunun beklenen uzunluğu $\bar{L}(C)$ aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$\bar{L}(C) = \sum_{s \in S} p(s).l(w),$$

burada $l(w)$, s ile birleşmeli kod kelimesi w 'nin uzunluğudur [22].

2.3.3 Ön ek koşul kodu

$C(S)=w_i$ kaynak kodu verilmiş olsun. Soldan sağa okunurken w_j 'nin oneki ya da bir başlangıç segmenti olacak şekilde w_i $i, j \in \{1, 2, \dots, m\}$, $i \neq j$ bulunmuyor

ise kodlama şeması $s_i \rightarrow w_i, i=1,2,\dots,m$ ön ek koşulunu sağlar. Bunun gibi bir şema ile belirlenen kod ön ek koşul kodu olarak adlandırılır [21].

2.3.4 Kraft eşitsizliği

Varsayalım ki, $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ kaynak alfabetidir, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ kod alfabetidir ve l_1, l_2, \dots, l_m pozitif tamsayılardır. Uzunluğu $\lg th(w_i) = l_i, i=1,2,\dots,m$ olan ve ön ek koşulunu sağlayan A'nın terimlerinde S için ancak ve ancak $\sum_{i=1}^m D^{-l_i} \leq 1$ ise $s_i \rightarrow w_i, i=1,2,\dots,m$ kodlama şeması vardır [21].

2.3.5 Kodun optimalliği kavramı

Bu bölümde optimal kodlamayı gerçekleştiren kodlama metodunun belirlenmesinin ardından yorumların daha net yapılabilmesi amacıyla optimallik kavramının pratikteki ve teoride anlamı ele alınmıştır.

2.3.5.1 Kodlamanın optimalliğinin pratikteki anlamı

Herhangi bir dilin alfabetinde bulunan harflerin frekansı bulunmuş ise, her bir elemanter simgenin maksimum bilgi taşıması kodun ekonomik olması anlamına gelir. Örneğin 0 ve 1 rakamları yardımıyla ifade edilen ve iki duruma sahip olan ikili sembol ele alınsın. Bunun anlamı, sembolün iki duruma sahip bir fiziksel sistem olmasıdır.

Buradan görülmektedir ki sembol denildiğinde; iki duruma sahip (0,1) fiziksel sistem, başka deyişle iki değere sahip rassal değişken anlaşılır. Herhangi bir dilin alfabeti, bu alfabede bulunan harflerin sayısı kadar duruma sahip olan bir fiziksel sistemdir.

Dikkat edilmelidir ki, iki durumdan farklı örneğin 3, 4, v.s. duruma sahip olan fiziksel sistemler de sembol gibi kullanılabilir.

İki duruma sahip fiziksel sistem şeklinde yorumlanan sembolün taşıdığı informasyon, bu durumların her birinin gerçekleşme olasılığı eşit olduğunda (1/2) maksimum olur ve informasyon 1'e eşit olur. Eğer 3 duruma sahip fiziksel sistem (örneğin 3'lük sistem 0,1,2) sembol olarak kullanılırsa bu sembolün taşıdığı maksimum informasyon $\log_2 3 \cong 1.585$ olur.

Yukarıda söylenenler dikkate alınırsa kodlamanın optimal olması için sembolü oluşturan ikili semboller ile, kodlanmış metindeki farklı sembollerin eşit sayıda ortaya çıkması anlaşılır.

2.3.5.2 Kodun optimalliğinin teorideki anlamı

Ön ek koşulunu sağlayan herhangi bir kod kelimelerden oluşan kümenin her bir $l(x)$ uzunluğu için Kraft Eşitsizliğini sağlamak zorunda olduğu Bölüm 2.3.4 tanıtılmaktadır. Böylece, Kraft Eşitsizliği belirtilmiş kod kelime uzunlukları kümesi ile kod kelime kümesinin varlığı için yeterlidir.

Bu bölümde, optimal kodlama metodunun seçiminde önemli bir rol oynayan minimum beklenen uzunluğa sahip ön ek kodunu bulma problemi ele alınır. Bölüm 2.3.4'ten yola çıkarak, bu problem Kraft Eşitsizliğini sağlayan l_1, l_2, \dots, l_m uzunluklar kümesini bulmaya eşdeğerdir. Burada beklenen uzunluk $\bar{L}(C) = \sum p_i l_i$ herhangi bir başka ön ek kodun beklenen uzunluğundan küçüktür. Bu standart optimizasyon problemidir [22]:

$$\sum_{j=1}^m D^{-l_j} \leq 1 \quad (2.39)$$

(2.39) eşitsizliğini sağlayan tüm l_1, l_2, \dots, l_m tamsayıları olmak üzere

$$\bar{L}(C) = \sum p_i l_i \quad (2.40)$$

(2.40) eşitliğinin minimum değerinin bulunması problemidir.

Basit hesaplamalar sonucu (2.40) eşitliğinin minimum değeri l_i^* ile gösterilsin. l_i üzerindeki tamsayı kısıtı ihmal edilsin ve varsayalım ki kısıtta eşitlik var. Bu yüzden, Lagrange çarpanlarını kullanarak kısıtlanmış minimizasyonu,

$$J = \sum p_i l_i + \lambda \left(\sum D^{-l_i} \right) \quad (2.41)$$

gibi yazılabilir.

(2.41) eşitliğinde l_i 'ye göre differansiyeli alınırsa,

$$\frac{\partial J}{\partial l_i} = p_i - \lambda D^{-l_i} \log_e D \quad (2.42)$$

elde edilir.

(2.41) eşitliğinin minimum değerini elde etmek için (2.42) eşitliği sıfıra eşitlenir;

$$0 = p_i - \lambda D^{-l_i} \log_e D \quad (2.43)$$

$$D^{-l_i} = \frac{p_i}{\lambda \log_e D} \quad (2.44)$$

elde edilir.

(2.44) eşitliğindeki λ 'yı bulmak için (2.44) eşitliği, (2.39) kısıtındaki yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned}
\sum D^{-l_i} &= \frac{\sum p_i}{\lambda \log_e D} \\
1 &= \frac{1}{\lambda \log_e D} \\
\lambda &= \frac{1}{\log_e D}
\end{aligned} \tag{2.45}$$

bulunur ve bundan dolayı,

$$D^{-l_i} = \frac{p_i}{\lambda \log_e D} = \frac{p_i}{\frac{1}{\log_e D} \cdot \log_e D} = p_i \tag{2.46}$$

elde edilir ve Kraft Eşitsizliği gereği optimal kod uzunluğunu sağlar. Sonuç olarak (2.39) kısıtı altında (2.40) eşitliğinin minimum değer almasını sağlayan kod kelime uzunlukları

$$l_i^* = -\log_D p_i \tag{2.47}$$

eşitliği ile elde edilir.

Kod kelime uzunluklarının tamsayı olmayan bu seçimi beklenen kod kelime uzunluğunu verir,

$$L^* = \sum p_i l_i^* = -\sum p_i \log_D p_i = H_D(X) \tag{2.48}$$

Fakat l_i^* 'nin tamsayı olması gerektiğinden, kod kelime uzunlukları kümesi (2.47)'deki gibi her zaman mümkün olmayabilir. Onun yerine, optimal kümeye *yakın*

kod kelime uzunlukları l_i kümesi seçilir. $l_i^* = -\log_D p_i$ 'nin global minimum olduğu Teorem 2.1 yardımıyla verilir.

Teorem 2.1: X rassal değişkeni için herhangi tekli D 'li kodun beklenen uzunluğu \bar{L} , ancak ve ancak $D^{-l_i} = p_i$ ise $H_D(X)$ entropisinden büyük ya da eşittir, diğer bir deyişle

$$\bar{L} \geq H_D(X) \text{ 'dir.} \quad (2.49)$$

Eğer bazı n 'ler için olasılıkların her biri D^{-n} 'e eşit ise, D ile ilgili olarak olasılık dağılımına *Diyadik* (D -adic) denir. Böylece, ancak ve ancak X 'in dağılımı *Diyadik* ise Teorem 2.1'deki eşitlik geçerlidir.

Teorem 2.1 ayrıca optimal kod bulmak için X 'in dağılımına yakın *Diyadik* dağılım bulma sürecini ifade etmektedir. Bu dağılım kod uzunlukları kümesini sağlar. Kraft eşitsizliğinde (*Bkz. Bölüm 2.3.4*) olduğu gibi mümkün olan ilk birimi seçerek kodu kurduktan sonra X için bir optimal kod elde edilir [22].

Diyadik dağılımların elde edilebilmesi için Bölüm 3.2'de iki yöntem tanıtılmaktadır. Bölüm 3.3'te iyi bir yarı optimal olan Shannon-Fano (Fano Kodu) kodlaması, Bölüm 3.5'te de gerçekten optimal kod bulmak için sade bir süreç olan Huffman kodlaması tanıtılmaktadır.

Optimal Kod Uzunluğu Üzerinde Sınırlar:

Varsayalım ki beklenen uzunluk L 'nin en büyük alt sınırı ile onun 1 bit fazlası arasında elde edilen bir kod olsun, bu durumda

$$H(X) \leq \bar{L} < H(X) + 1 \quad (2.50)$$

olarak belirtilir.

Minimum beklenen uzunluğa sahip ön ek kodunu bulma problemine ((2.39) eşitsizliği ve (2.40) eşitliği) göre: l_1, l_2, \dots, l_m 'nin tamsayı olduğu ve $\sum D^{-l_i} \leq 1$ olduğu kısıtlar altında $L = \sum p_i l_i$ minimize edilmelidir. Bölüm 2.3.4 ve Teorem 2.1'e göre, bağımlı entropide X'in dağılımına yakın Diyadik olasılık dağılımı bulunarak optimal kod kelime uzunlukları bulunabildiğinden Diyadik r $\left(r = D^{-l_i} / \sum_j D^{-l_j} \right)$ bulunabilir ve bunun sayesinde

$$\bar{L} - H_D = D(p|r) - \log\left(\sum D^{-l_i}\right) \geq 0 \quad (2.51)$$

minimumlaştırılabilir.

$l_i = \log_D \frac{1}{p_i}$ kelime uzunluklarının seçimi $\bar{L} = H'$ 'ı verir. $\log_D \frac{1}{p_i}$ bir tamsayıya eşit olamayacağından, kod kelime uzunluğunu tamsayı olarak verebilmesi için bu sayı yukarı yuvarlanır,

$$l_i = \left\lceil \log_D \left(\frac{1}{p_i} \right) \right\rceil, \quad (2.52)$$

burada $\lceil x \rceil$, x'ten büyük ya da x'e eşit en küçük tamsayıdır. Bu uzunluklar Kraft eşitsizliğini sağlar çünkü

$$\sum D^{-\lceil \log_D \frac{1}{p_i} \rceil} \leq \sum D^{-\log_D \frac{1}{p_i}} = \sum p_i = 1 \quad (2.53)$$

eşitsizliği sağlanır. Kod kelime uzunluklarının seçimi,

$$\log_D \frac{1}{p_i} \leq l_i < \log_D \frac{1}{p_i} + 1 \quad (2.54)$$

eşitsizliğine göre yapılmalıdır. (2.54) eşitsizliğinin her tarafı p_i ile çarpılıp i üzerinden toplanırsa,

$$H_D(X) \leq \bar{L} < H_D(X) + 1 \quad (2.55)$$

elde edilir.

Optimal kod sadece bu koddan daha iyi olabildiğinden, Teorem 2.2 geçerlidir:

Teorem 2.2: $l_1^*, l_2^*, \dots, l_m^*$ kaynak dağılımı p ve D 'li alfabe için optimal kod kelime uzunlukları olsun, ve L^* ilgili optimal kodun beklenen uzunluğu olsun ($L^* = \sum p_i l_i^*$). Bu durumda,

$$H_D(X) \leq L^* < H_D(X) + 1 \quad (2.56)$$

Teorem 2.2'de $\log \frac{1}{p_i}$ 'nin her zaman tamsayı olmaması gerçeğine göre üstten en fazla 1 bit vardır. Sembol başına üstten bitler, pek çok sembol üzerine yayarak indirgenebilir. Bu durum akılda tutularak, X 'den n sembollü bir dizinin gönderildiği bir sistem ele alınsın. Sembollerin $p(x)$ 'e göre seçildikleri varsayılmaktadır. Bu n tane sembolün X^n alfabelerinden bir süper sembol olduğu düşünülebilir.

Sembol başına beklenen kod kelime uzunluğu olan L_n aşağıdaki gibi tanımlanır: eğer $l(x_1, x_2, \dots, x_n)$, (x_1, x_2, \dots, x_n) 'ye karşı kod kelime uzunluğu ise,

$$\bar{L}_n = \frac{1}{n} \sum p(x_1, x_2, \dots, x_n) l(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{n} \text{El}(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (2.57)$$

Şimdi yukarıda elde edilen sınırları koda uygulanırsa:

$$H(X_1, X_2, \dots, X_n) \leq \text{El}(X_1, X_2, \dots, X_n) < H(X_1, X_2, \dots, X_n) + 1. \quad (2.58)$$

elde edilir.

$H(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum H(X_i) = nH(X)$ olduğundan, (2.58) eşitsizliğinin her tarafı n ile bölünürse,

$$H(X) \leq \bar{L}_n < H(X) + \frac{1}{n} \quad (2.59)$$

elde edilir.

Böylece geniş blok uzunlukları kullanarak sembol başına beklenen kod uzunluğunu entropiye keyfi yakınlıkta elde edilebilir.

Aynı sav stokastik süreçten bir semboller dizisi için de ayrıca kullanılabilir. Bu durumda hala aynı sınırlar söz konusudur.

$$H(X_1, X_2, \dots, X_n) \leq \text{El}(X_1, X_2, \dots, X_n) < H(X_1, X_2, \dots, X_n) + 1 \quad (2.60)$$

(2.60) eşitsizliğinin her tarafını tekrar n 'ye bölerek ve \bar{L}_n 'yi sembol başına beklenen uzunluk diye tanımlayarak,

$$\frac{H(X_1, X_2, \dots, X_n)}{n} \leq \bar{L}_n < \frac{H(X_1, X_2, \dots, X_n)}{n} + \frac{1}{n} \quad (2.61)$$

elde edilir.

Eğer stokastik süreç durağan ise, $H(X_1, X_2, \dots, X_n)/n \rightarrow H(X)$ 'tir, ve $n \rightarrow \infty$ iken beklenen oran entropi oranına yaklaşır. Böylece sıradaki teorem geçerli olur:

Teorem 2.3: Sembol başına minimum beklenen kod kelime uzunluğu,

$$\frac{H(X_1, X_2, \dots, X_n)}{n} \leq L_n^* < \frac{H(X_1, X_2, \dots, X_n)}{n} + \frac{1}{n} \quad (2.62)$$

sağlar.

Ayrıca, eğer X_1, X_2, \dots, X_n durağan stokastik süreç ise

$$L_n^* \rightarrow H(X), \quad (2.63)$$

burada $H(X)$ sürecin entropisidir [22].

Teorem 2.3 entropinin tanımı için diğer bir gerekçeyi sağlamaktadır ve süreci anlatmak için sembol başına bilgi miktarını vermektedir. Böylece Teorem 2.3'e göre sembol başına bilgi miktarı,

$$I_{i/s} = \frac{L_n^*}{H(X)} \quad (2.64)$$

olarak belirlenir. Bu durumda $I_{i/s} \rightarrow 1$ kod sisteminin optimal olma kriteridir.

3. KODLAMA TEKNİKLERİ

Bu bölümde kodlama tekniklerinin tanıtılması amaçlanmıştır. 3.1. Bölümde Adi Kodlama metodu anlatılarak avantaj ve dezavantajlarına değinilmiştir, 3.2. Bölümde Shannon'un Kodlama Metodu ve Shannon Kodlama Metodunu kullanarak ikili kodlar oluşturabilmek için Diyadik Kesir kavramı, 3.3. Bölümde Shannon-Fano Kodlama Metodu, 3.4 Bölümde Geliştirilmiş Fano (Fano⁺ Kodlama Metodu, 3.5 Bölümde Huffman Kodlama Metodu, 3.6 Bölümde Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodlama Metodu tanıtılmıştır.

3.1 Adi (Sabit Uzunluğa Sahip) Kodlama Metodu

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ ve $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ verilmiş olsun. S kaynak alfabesindeki N tane sembolü kullanarak bir mesaj kurup iletmek istendiğinde en basit teknik, her sembolü 1 bit ile temsil etmek için eşit uzunluktaki ikili sayıları kullanmaktır. Burada l, $l \geq \log_2 N$ eşitsizliğini sağlayacak şekilde, en küçük sayıdır. Bu tip kodlama ortaya çıkma olasılıkları eşit olan semboller için iyi bir kodlamadır.

Bu tipteki kodlamaya adi (sabit uzunluğa sahip) kodlama denir. Kodlama sürecinde semboller sırasıyla numaralanır. Onluk sistemde elde edilen bu numaralar ikilik sisteme dönüştürülmek üzere l uzunluğundaki kodlar elde edilir.

Sabit uzunluğa sahip kodlar, değişen uzunluğa sahip kodlar üzerinde avantaj ve dezavantajlara sahiptirler [26].

Avantajlardan biri, kodlanmış mesajdaki karakterleri ayırmak için özel bir sembole asla gerek duymazlar. Örneğin, kodlanmış ASCII mesajını ele alalım,

01000011010011110100010001000101.

Çünkü (ikili) ASCII kodu, kod kelime uzunluğu 8 olan sabit uzunlukta koddur, ilk 8 bitin orijinal mesajın ilk karakterini tanıttığını ve bunun Çizelge 3.1'e (Bu tabloda günümüzde bilgisayar kodlamalarında sadece harflere karşı gelen ASCII kodları verilmiştir.) göre C olduğu bilinmektedir. Benzer bir şekilde, ikinci 8 bitten oluşan küme de mesajın ikinci karakteri olan O'yu temsil eder. Bu yola devam ederek mesajı dekodlayıp CODE kelimesine ulaşılır.

Çizelge 3.1. ASCII Kodlar

A→01000001	J→01001010	S→01010011
B→01000010	K→01001011	T→01010100
C→01000011	L→01001100	U→01010101
D→01000100	M→01001101	V→01010110
E→01000101	N→01001110	W→01010111
P→01000110	O→01001111	X→01011000
G→01000111	P→01010000	Y→01011001
H→01001000	O→01010001	Z→01011110
I→01001001	R→01010010	#→00100000

Belki de ASCII kodu gibi sabit uzunluktaki kodların temel dezavantajı, E harfi gibi sıklıkla kullanılan karakterlerin J harfi gibi nadir kullanılan karakterlerinki kadar uzun kodlara sahip olmasıdır. Diğer taraftan, değişen uzunluktaki kodlar (Shannon Kodu, Fano Kodu, Huffman Kodu, v.s.) ile sıklıkla kullanılan karakterleri daha kısa kod kelimeleri kullanarak kodlayabilir ve büyük bir zaman ve böylece yer kazanılabilir.

3.2 Shannon'un Kodlama Metodu (Shannon kodu)

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ kaynak alfabeti ve $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ gerçekleşme olasılıkları verilmiş olsun. Eğer mümkünse $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_m > 0$ olacak şekilde düzenlenir ve gözlenmeyen kaynak harfleri kaynak alfabetinden çıkarılır.

$$F_1 = 0$$

ve

$$F_k = \sum_{i=1}^{k-1} p_i, 2 \leq k \leq m$$

olarak tanımlansın. Kod kelime uzunluğu l_k , $2^{-l_k} \leq p_k \leq 2^{-l_k+1}$ eşitsizliğini sağlayan tamsayı olsun. Diğer bir deyişle, $l_k = \lceil \log_2 p_k^{-1} \rceil$ (Bkz. Bölüm 2.3.5.2'de (2.52) eşitliği).

Shannon kodlama metodunda, kodlama şeması $s_j \rightarrow w_j$ 'dir, $j=1, \dots, m$. Başka bir deyişle, F_j 'nin ikili genişlemesinde ilk l_j biti içeren w_j 'lerdir.

Burada F_j Diyadik kesir olarak alınır. Bunun sebebi ise (0,1) arasında her Diyadik kesrin ikili genişletilmesi sıfırlardan oluşan sonsuz bir dizide sona erer [21].

Sıradaki Bölüm 3.2.1 ve Bölüm 3.2.2'de Diyadik kesirlerin elde edilmesine ilişkin iki yöntem verilmiştir. Bu tezde kolay uygulanabilir olması açısından Bölüm 3.2.2'de anlatılan yöntem kullanılmıştır.

3.2.1 Diyadik Kesrin İkili Genişletilmesi İçin Birinci Yöntem

Diyadik kesirler $\rho/2^m$ şeklindeki rasyonel sayılardır, burada m negatif olmayan tam sayıdır, ve ρ bir tamsayıdır. Eğer, $1 \leq \rho < 2^m$ ise $a_0, a_1, \dots, a_{m-1} \in \{0,1\}$

ikili semboller için $\rho = \sum_{j=0}^{m-1} a_j 2^j$ 'dir;

Bu eşitliği,

$$\rho/2^m = \sum_{j=0}^{m-1} a_j 2^{j-m} = \sum_{k=1}^m a_{m-k} 2^{-k} = (a_{m-1} \dots a_0)_2$$

izler.

Tersine, 0 ile 1 arasında sonlu bir ikili tanımlamaya sahip her sayı Diyadik kesirdir:

$$(b_1 \cdots b_m)_2 = \sum_{j=1}^m b_j 2^{-j} = \frac{1}{2^m} \sum_{j=1}^m b_j 2^{m-j} = \rho / 2^m,$$

burada ρ , 0 ile $2^m - 1$ arasında bir tamsayıdır, öyleki $b_1, \dots, b_m \in \{0,1\}$ 'dir. Çünkü,

$1 = \sum_{k=1}^{\infty} 2^{-k}$ sıfır olmayan Diyadik kesirler öyle özelliğe sahiptir ki, her biri farklı iki

tanımlamaya sahiptir, biri birlerin sonsuz bir dizisinde sona erer [21]. Örneğin,

$$\frac{3}{4} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = (.11)_2 = (.1011\cdots)_2 = (.10\bar{1})_2 = \frac{1}{2} + \sum_{k=3}^{\infty} 2^{-k}$$

3.2.2 Diyadik Kesrin İkili Genişletilmesi İçin İkinci Yöntem (Koblitz Hilesi)

(0,1) arasında verilmiş bir Diyadik kesir olsun. İkili genişletilme süreci şöyledir.

1. Kesrin iki katı hesaplanır ve bir yere not edilir. Eğer yeni oluşturulan kesir 1'den küçük ise ilgili sembol 0'dir, eğer 1'e eşit ya da büyük ise ilgili sembol 1'dir.

2. Eğer hesaplanan Diyadik kesrin katı 1'den büyük ise izleyen sırada bu Diyadik kesirden 1 çıkarılır ve iki katı alınarak bir yere not edilir ve sürece Diyadik kesrin iki katı alınarak devam edilir.

3.3 Shannon-Fano Kodlama Metodu (Fano Kodu)

Varsayalım ki kaynak alfabeti s_1, s_2, \dots, s_m ve $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_m$ olmak üzere ilgili olasılıklar verilmiştir. Fano'nun metodunda, s_1, s_2, \dots, s_m 'i ardışık indislerle iki *blok*'a bölerek başlanır, burada indisler $\sum_{j=1}^k p_j$ ve $\sum_{j=k+1}^m p_j$ 'nin eşit olabilmesi için mümkün olduğu kadar yakın olabilecek şekilde seçilmiş k ile s_1, s_2, \dots, s_k ve $s_{k+1}, s_{k+2}, \dots, s_m$ 'dir. s_1, s_2, \dots, s_k 'nın kod tanıtıcıları w_1, w_2, \dots, w_k (solda) 0 ile başlar, ve $w_{k+1}, w_{k+2}, \dots, w_m$ ise 1 ile başlar. Sıradaki aşamada, iki bloğun her biri aynı kurala göre alt iki bloğa bölünür, ve süreç bu şekilde devam eder. Her yeni bölümde, yeni bloklardan birindeki harfin kod tanımına sıfır atanır ve diğerlerindeki harflerin kod tanımına ise 1 atanır. Tek bir harf içeren bloklar daha fazla bölünemezler [17, 19, 21].

Bu süreç izlenerek Shannon-Fano kodları oluşturulur.

3.4 Geliştirilmiş Fano Kodlama Metodu (Fano⁺ Kodu)

Geliştirilmiş Fano Kodlama Metodunda (Fano⁺ Kodu) kural: ortaya çıkma olasılıkları $P=[p_1, p_2, \dots, p_m]$ olan $S=\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ kaynak alfabeti ele alınır, burada $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_m$ 'dir. Varsayalım ki $\phi: s_1 \rightarrow w_1, \dots, s_m \rightarrow w_m$ Fano metodu ile elde edilen kodlama şemasıdır. $\forall i < j$ için $l'_i \leq l'_j$ olacak şekilde $\{w_1, w_2, \dots, w_m\}$,

$\{w'_1, w'_2, \dots, w'_m\}$ olarak yeniden düzenlenir ve aynı zamanda $\phi': s_1 \rightarrow w'_1, \dots, s_m \rightarrow w'_m$ kodlama şemasını vermesi için s_1, s_2, \dots, s_m aynı sırada korunur [20].

Kısaca, Shannon-Fano Kodlama metodu kullanılarak bir ϕ kodu kurulur ve yukarıdaki süreç uygulanarak geliştirilmiş ϕ' kodlama şeması aracılığıyla Geliştirilmiş Fano kodları elde edilir.

3.5 Huffman Kodlama Metodu (Shannon-Fano-Huffman Kodu)

s_1, s_2, \dots, s_m ve $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_m$ verilsin, kodlama sürecine s_{m-1} ve s_m 'yi ilgili olasılıkları $p_{m-1} + p_m$ olan yeni bir σ harfinde birleştirerek başlanır. Ardından s_1, s_2, \dots, s_{m-2} , σ 'yi ilgili olasılıkları $p'_1 \geq p'_2 \geq \dots \geq p'_{m-1}$ olan $s'_1, s'_2, \dots, s'_{m-1}$ 'ye yeniden düzenlenir. τ_0 ve τ_1 'i iki tane harfi birleştirene kadar devam edilir. $\tau_0 \rightarrow 0$, $\tau_1 \rightarrow 1$ ile kodlanarak başlanır. Kodlama aşağıdan yukarıya birleştirmeye devam edilerek gerçekleştirilir; eğer, örneğin σ, w gibi kodlandıysa, $s_{m-1} \rightarrow w0, s_m \rightarrow w1$ olur [21].

Burada, algoritmanın birleşmiş kısmındaki tüm düzenlemelere dikkat eden anlamlarına dayandığı görünen algoritmanın diğer ilaveleri yer almaktadır. Graf teorisinde Huffman ağacı olarak isimlendirilen bir ağacı kurarak başlanır, yaprak birimleri sırasıyla p_1, p_2, \dots, p_m ağırlıklarına sahip olan s_1, s_2, \dots, s_m harfleridir.

Şimdi s_m, s_{m-1} birimleri siblingler olmaktadır ve $p_m + p_{m-1}$ ağırlığına sahip bir σ aile birimine eklenir. Sıradaki aşamada, henüz siblingler olarak kullanılmamış olan en az ağırlığa sahip iki birim siblingler olarak çift oluşturur ve kendi ağırlığı olarak bu ikisinin ağırlıkları toplamını alan bir aile birimine eklenirler. Son iki siblingler de çift oluşturana kadar bu süreç devam ettirilir. 1 ağırlığına sahip son aile birimi ağacın kökünü oluşturur [21].

Her aileden siblinglere giden iki zirve vardır. Bunlardan birine 0 ve diğerine 1 olarak atanır. Her bir s_j 'i tanıtan kod kelimesi, s_j 'den kök birime yolu izleyerek ve her zirve atamaları soldan sağa yazarak elde edilir.

3.6 Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodu

2.3.5.2. Bölümde gösterildiği gibi $l(x) = \left\lceil \log \frac{1}{p(x)} \right\rceil$ uzunluklar kümesinin

her bir $l(x)$ uzunluğu Kraft eşitsizliğini sağlar ve ayrıca kaynak için tek dekodlanabilir kod oluşturmak için kullanılabilir. Bu bölümde, birikimli dağılım fonksiyonunu kullanan basit bir süreç tanıtılmaktadır .

$X = \{1, 2, \dots, m\}$ kümesi verilmiş olsun. Varsayalım ki, $\forall x$ için $p(x) > 0$ 'dır.

Birikimli dağılım fonksiyonu $F(x)$,

$$F(x) = \sum_{a \leq x} p(a)$$

gibi tanımlanır [21].

Yenilenmiş birikimli dağılım fonksiyonu olarak,

$$\bar{F}(x) = \sum_{a < x} p(a) + \frac{1}{2}p(x)$$

ele alınsın, burada $\bar{F}(x)$ x'ten küçük sembollerin olasılıklarının toplamı ile x sembolünün olasılığının yarısının toplamıdır. Rassal değişken kesikli olduğundan birikimli dağılım fonksiyonu $p(x)$ büyüklüğünde adımlardan oluşur. $\bar{F}(x)$ fonksiyonunun değeri x'e karşı gelen adımın orta noktasıdır [21].

Tüm olasılıklar pozitif olduğundan, $F(a) \neq F(b)$, eğer $a \neq b$, ve böylece $\bar{F}(x)$ biliniyor ise x belirlenebilir. Böylece, $\bar{F}(x)$ 'in değeri x için bir kod gibi kullanılabilir [21].

Fakat genelde $\bar{F}(x)$ sadece sonsuz sayıda bitler ile gösterilebilen reel sayıdır. Dolayısıyla, $\bar{F}(x)$ 'in tam değerini x için bir kod gibi kullanmak etkin değildir [21].

Varsayalım ki $\bar{F}(x)$ $l(x)$ bit'te sona erdirilsin ($\lfloor \bar{F}(x) \rfloor_{l(x)}$ ile belirtelsin). Böylece, $\bar{F}(x)$ 'in ilk $l(x)$ bit'i x için bir kod gibi kullanılır. Sona erdirmenin tanımına göre,

$$\bar{F}(x) - \lfloor \bar{F}(x) \rfloor_{l(x)} < \frac{1}{2^{l(x)}}.$$

$$\text{Eğer } l(x) = \left\lceil \log \frac{1}{p(x)} \right\rceil + 1 \text{ ise,}$$

$$\frac{1}{2^{l(x)}} < \frac{p(x)}{2} = \bar{F}(x) - F(x-1), \quad (3.1)$$

ve ayrıca $\lfloor \bar{F}(x) \rfloor_{(x)}$ x'e karşı gelen adımın arasında yer alır. Böylece $l(x)$ bit, x'i tanımlamak için yeterlidir [21].

Bu süreçte, x'i temsil etmek için $l(x) = \left\lceil \log \frac{1}{p(x)} \right\rceil + 1$ bit kullanıldığından,

bu kodun beklenen uzunluğu

$$\bar{L} = \sum_x p(x)l(x) = \sum_x p(x) \left(\left\lceil \log \frac{1}{p(x)} \right\rceil + 1 \right) < H(X) + 2 .$$

Böylece bu kodlama şeması, entropinin iki biti arasında ortalama bir kod kelime uzunluğu sağlar. Dolayısıyla bu kodlama metodunun optimal kod sağlaması için diğer kodlama metodlarından farklı olarak $\bar{L} \rightarrow H(X)+2$ olması gerekir.

Bu sürecin, sembollerin olasılıklarına göre sıralanmasına gereksinim duyulmadığına dikkat edilmelidir.

4. KODLAMA TEKNİKLERİNİN UYGULAMALARI VE KARŞILAŞTIRMALARI

Bu bölümde ilk olarak üçüncü bölümde tanıtılan kodlama tekniklerinin her biri ayrı ayrı alt bölümlerde (Bölüm 4.1.2-4.1.6) ele alınmıştır. Her alt bölümde bu kodlama teknikleri Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol dilleri olmak üzere 6 dil için uygulanmıştır. Her bir dil için ele alınan kaynak alfabeleri tanıtılmıştır ve her bir alfabenin içerdiği harflerin ilgili olasılık değerleri verilmiştir (Çizelge 4.1-4.3). Uygulamada izlenecek aşamalar daha kolay uygulanabilir biçimde ele alınmıştır. Her bir kodlama tekniğinin her bir dil için oluşturduğu ikili kodlar ve kod oluşturma sürecinde kullanılan bazı önemli sayısal değerler, ikinci bölümdeki kavramlar yardımıyla ve üçüncü bölümdeki kodlama teknikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları çizelgeler halinde ekte (Ek 1-17) sunulmuştur. Kodlama süreci sonucunda elde edilen sonuçların ikili kodları kullanarak, her bir kodlama tekniğinin söz konusu 6 dil için beklenen uzunlukları, entropileri ve sembol başına taşıdıkları bilgi miktarları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu sayısal değerler her bir kodlama tekniği için ayrı ayrı hesaplanmıştır ve Çizelge 4.4-4.8’de her alt bölümün sonunda özetlenerek ilgili yorumlar yapılmıştır. Tüm kodlama tekniklerinin incelenmesi sona erince ulaşılan sonuçların daha net görülmesi amacıyla Çizelge 4.9 oluşturulmuştur. Sonuçta, Huffman Kodlamasının ele alınan 6 dil için en optimal kodlamayı gerçekleştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Dördüncü bölümde ikinci uygulama olarak, ilk uygulamada ele alınan Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol dilleri kodlama türleri olarak ele alınmıştır. Her bir dilin kendi kaynak alfabesindeki harfler yardımıyla kelimeleri, kelimeler yardımıyla cümleleri, cümleler yardımıyla paragrafları ve paragraflar yardımıyla düşünceleri kodladığı düşünülebilir. Peki birbirine alternatif olarak düşünülen bu dillerin hangisi düşünceleri kodlamada daha optimal bir kodlama türüdür? İşte bu sorunun yanıtını bulmak amacıyla aynı bir düşünceyi ifade eden “Enerji Geleceğimiz:

Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak” başlıklı bir metin ele alınmıştır [34]. Söz konusu metinde İngiltere’de DEFRA tarafından daha düşük karbon enerjisi yaratmak amacıyla önerilen stratejiler anlatılmaktadır. Orijinali İngilizce olan bu metnin Türkçe çevirisi yapılmış ve Ek-18’de verilmiştir. Bu metnin Türkçe çevirilerisinin yanı sıra Fransızca, Almanca, Rusça ve İspanyolca çevirileri olmak üzere aynı düşüncelerin 6 dildeki çevirileri ele alınmıştır [34]. Bu çevirilerden yola çıkarak her bir dil için kaynak alfabesindeki harflerin olasılıkları bilgisayar ortamında hesaplanmıştır (Çizelge 4.10-4.11). Hesaplanan bu olasılıklardan yola çıkarak metinlerin entropisi hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Çizelge 4.12’den yararlanılarak 6 dilde çevirisi mevcut olan metnin içerdiği bilgi miktarı ile ilgili yorumlar yapılmıştır. Sonuçta, en az harf kullanarak söz konusu metindeki düşünceleri anlatan dil tespit edilmiştir. Elde edilen hesaplamalar sonucu en az harf kullanarak düşünceleri anlatan birinci dil İngilizce olmuştur, ikinci dil ise Türkçe olmuştur.

4.1 Kodlama Teknikleri ile Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol Dillerinin Kodlanması

Bu bölümde öncelikle kodlama tekniklerinin optimalliklerini analiz etmek amacıyla harf olasılıklarından yararlanılan Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol dillerinin alfabelerinin tanıtımına yer verilmiştir. Ardından bu alfabeler sırasıyla kaynak alfabesi olarak ele alınıp ve söz konusu kodlama teknikleri kullanılarak bu alfabedeki harflere karşı gelen Adi Kodlar, Shannon Kodları, Shannon-Fano Kodları, Geliştirilmiş Fano Kodları, Huffman Kodları ve Shannon-Fano-Elias Kodları kurulmuştur.

4.1.1 Alfabelerin tanıtımı

Türk Alfabesinde 29 harf bulunur. Alfabeyi oluşturan büyük ve küçük harfler, sırasıyla aşağıdaki biçimde yazılır:

A B C Ç D E F G Ğ H I İ J K L M N O Ö P R S Ş T U Ü V Y Z
a b c ç d e f g ğ h ı i j k l m n o ö p r s ş t u ü v y z

Türk dili için kodlamaların gerçekleştirilebilmesi için Mehmet Dalkılıç ve Gökhan Dalkılıç tarafından 2002’de [1] bilinen beş ayrı Türkçe külliyyatın 12,5 milyon karakteri aşan bileşkesi üzerinden elde edilen harf olasılıklarından yararlanılmıştır. Bu kaynağa göre Türk dili için harf olasılıkları Çizelge 4.1’de verilmiştir [1].

Çizelge 4.1. Türk Dili için Harf Olasılıkları

Harf	Olasılık	Harf	Olasılık
A	0.1026	M	0.0320
B	0.0237	N	0.0633
C	0.0084	O	0.0214
Ç	0.0102	Ö	0.0074
D	0.0400	P	0.0073
E	0.0782	R	0.0604
F	0.0038	S	0.0264
G	0.0114	Ş	0.0157
Ğ	0.0092	T	0.0287
H	0.0096	U	0.0284
I	0.0444	Ü	0.0171
İ	0.0723	V	0.0087
J	0.0003	Y	0.0295
K	0.0407	Z	0.0130
L	0.0530	#	0.1329

İngilizler, fransızlar, almanlar ve ispanyollar da latin alfabesini kullanmaktadırlar. Latin alfabesi 26 karakterden oluşur. Alfabeyi oluşturan büyük ve küçük harfler aşağıdaki gibi yazılır:

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

harflerinden oluşur. Bu harflerin İngilizce, Fransızca, Almanca ve İspanyolca dillerindeki olasılıkları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Fransız, Alman ve İspanyol dilleri için harf olasılıkları 1939 yılında Fletcher Pratt tarafından yayınlanmıştır [29-32]. İngiliz dili için harf olasılıkları ise Nam Phamdo tarafından internet ortamında yayınlanmıştır [33].

Çizelge 4.2. İngiliz, Fransız, Alman ve İspanyol Dilleri için Harf Olasılıkları

Harf	İngiliz Dili için Olasılıklar	Fransız Dili için Olasılıklar	Alman Dili için Olasılıklar	İspanyol Dili için Olasılıklar
A	0.065174	0.08147	0.06506	0.12529
B	0.012425	0.00876	0.02566	0.01420
C	0.021734	0.03063	0.02837	0.04679
D	0.034984	0.04125	0.05414	0.05856
E	0.104144	0.17564	0.16693	0.13676
F	0.019788	0.00959	0.02044	0.00694
G	0.015861	0.01051	0.03647	0.01006
H	0.049289	0.00721	0.04064	0.00704
I	0.055809	0.07559	0.07812	0.06249
J	0.000903	0.00598	0.00191	0.00443
K	0.005053	0.00041	0.01879	0.00004
L	0.033149	0.05783	0.02825	0.04971
M	0.020212	0.02990	0.03005	0.03150
N	0.056451	0.07322	0.09905	0.06712
O	0.059630	0.05289	0.02285	0.08684
P	0.013765	0.02980	0.00944	0.02505
Q	0.000861	0.01361	0.00055	0.00875
R	0.049756	0.06291	0.06539	0.06873
S	0.051576	0.08013	0.06765	0.07980
T	0.072936	0.07353	0.06742	0.04629
U	0.022513	0.05991	0.03703	0.03934
V	0.008290	0.01557	0.01069	0.00895
W	0.017127	0.00020	0.01396	0.00023
X	0.001369	0.00350	0.00022	0.00221
Y	0.014598	0.00116	0.00032	0.00895
Z	0.000784	0.00072	0.01002	0.00523
#	0.191818	-	-	-

Ruslar Kiril alfabesini kullanmaktadırlar. Kiril alfabesi altta verildiği gibi 32 harften oluşmaktadır:

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Э Ю Я
а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т у ф х ц ч ш щ ъ ы э ю я

Söz konusu olan Rus Dilinin harf olasılıkları Çizelge 4.3'te verilmiştir [17, 19].

Çizelge 4.3. Rus Dili için Harf Olasılıkları

Harf	Olasılık
А	0.064
Б	0.015
В	0.039
Г	0.014
Д	0.026
Е	0.074
Ж	0.008
З	0.015
И	0.064
Й	0.010
К	0.029
Л	0.036
М	0.026
Н	0.056
О	0.095
П	0.024
Р	0.041
С	0.047
Т	0.056
У	0.021
Ф	0.002
Х	0.009
Ц	0.004
Ч	0.013
Ш	0.006
Щ	0.003
Ъ(Ь)	0.015
Ы	0.016
Э	0.003
Ю	0.007
Я	0.019
#	0.145

4.1.2 Adi (sabit uzunluklu) kodlama metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması

Türkçe, İngilizce, Rusça, Almanca, Fransızca ve İspanyolcadaki harfleri Adi Kodlama Metodu ile kodlanmak için aşağıdaki aşamalar sırasıyla izlenir (*Bkz. Bölüm 3.1*):

1. Kod kelime uzunlukları $l \geq \log_2 N$ olacak şekilde belirlenir, burada N , kaynak alfabedeki karakter sayısıdır.
2. Harfler olasılıklarına bakılmaksızın 0'dan başlayarak numaralanır.
3. Harflere karşı gelen onluk sistemdeki numaralar kod kelime uzunluğu L bit olacak şekilde ikilik sisteme dönüştürülerek kodlanır.

Türkçe için $S_{tr} = \{A, B, C, Ç, \dots, Z, \#\}$ ve $P_{tr} = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ Çizelge 4.1'deki gibi verilmiş olsun.

Türkçe için ele alınan S kaynak alfabesinde 29 harf ve bir boşluk karakteri vardır. Dolayısıyla, Adi kod kelime uzunluğu $(l_{tr}) \geq \log_2 N_{tr}$ eşitsizliğinden,

$$l_{tr} \geq \log_2 30 = 4,91 \approx 5 \text{ elde edilmiştir.}$$

Buradan da,

$$l_{tr} = 5 \text{ 'tir.} \quad (4.1)$$

Sırasıyla diğer aşamalar izlenerek Türk Dili için Adi Kodlar Ek 1'de olduğu gibi kurulmuştur.

Türk Dilinin entropisi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned}
H(S_{tr}) &= -\sum_{i=1}^{30} p_i \log_2 p_i, \\
H(S_{tr}) &= -(0.1026 \log_2 0.1026 + 0.0237 \log_2 0.0237 + \dots + 0.1329 \log_2 0.1329), \\
H(S_{tr}) &= 4.36612 \text{ bit.}
\end{aligned} \tag{4.2}$$

Türk Dili için kurulan Adi Kodların beklenen uzunluğu:

$$\begin{aligned}
\bar{L}_{tr} &= l_{tr} * \left(\sum_{i=1}^{30} p_i \right) = 5 * (0.1026 + 0.0237 + \dots + 0.1329) = 5, \\
\bar{L}_{tr} &= 5 \text{ bit.}
\end{aligned} \tag{4.3}$$

Bu durumda, Türk dili alfabesi adi kodlar ile kodlandığında sembol başına düşen informasyon miktarı:

$$\begin{aligned}
I_{i/s}^{tr} &= \frac{H(S_{tr})}{\bar{L}_{tr}} = \frac{4.36612}{5} = 0.873224, \\
I_{i/s}^{tr} &= 0.873224 \text{ bit.}
\end{aligned} \tag{4.4}$$

Fransız, Alman ve İspanyol dilleri için kaynak alfabesi 26 harften oluşurken, İngiliz dili için 26 harf ve bir boşluk karakterinden oluşur. Aynı alfabeği kullanan bu dillerdeki kaynak alfabesi farklılığının sebebi, Fransız, Alman ve İspanyol dillerindeki boşluk karakteri olasılığı ile ilgili literatürde bilgi verilmemesidir.

$$S_{ing} = \{A, B, C, \dots, Z, \#\},$$

$$S_{fr,alm,isp} = \{A, B, C, D, \dots, Z\}$$

ve

$$P_{ing,fr,alm,isp} = \{p_1, p_2, \dots, p_N\},$$

Çizelge 4.2'deki gibi verilmiş olsun. Bu durumda, İngiliz dili için adi kod kelime uzunluğu (l_{ing}):

$$\begin{aligned}l_{ing} &\geq \log_2 N_{ing} = \log_2 27 = 4,75 \approx 5, \\l_{ing} &= 5.\end{aligned}\tag{4.5}$$

Fransız, Alman ve İspanyol dilleri için adi kod kelime uzunluğu ($l_{fr,alm,isp}$):

$$\begin{aligned}l_{fr,alm,isp} &\geq \log_2 N_{fr,alm,isp} = \log_2 26 = 4.70 \approx 5, \\l_{fr,alm,isp} &= 5.\end{aligned}\tag{4.6}$$

Bu bilgiler doğrultusunda İngiliz, Fransız, Alman ve İspanyol Dilleri için oluşturulan Adi Kodlar Ek 1'de verilmiştir.

Ek 1'e dikkat edilecek olursa bu dillere ait kaynak alfabesindeki karakter sayısı eşit olduğundan ve adi kodlamada harf olasılıkları dikkate alınmadığından İngiliz, Fransız, Alman ve İspanyol Dilleri için elde edilen Adi Kodlar aynıdır. Ancak Adi Kodlar sisteminin entropisi, beklenen uzunlukları ve sembol başına düşen bilgi miktarı dilden dile farklılık gösterir. Bu ölçümler kullanılarak Adi Kodlamanın hangi dil için optimal olduğu araştırılabilir. Bu düşünce doğrultusunda mevcut verilerle İngiliz, Fransız, Alman ve İspanyol Dilleri için söz konusu ölçümler aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

İngiliz Dilinin entropisi:

$$\begin{aligned}H(S_{ing}) &= -\sum_{i=1}^{27} p_i \log_2 p_i, \\H(S_{ing}) &= -(0.065174 \log_2 0.065174 + \dots + 0.191818 \log_2 0.191818), \\H(S_{ing}) &= 4.07225 \text{ bit.}\end{aligned}\tag{4.7}$$

Fransız Dilinin entropisi:

$$\begin{aligned} H(S_{fr}) &= -\sum_{i=1}^{26} p_i \log_2 p_i, \\ H(S_{fr}) &= (0.08147 \log_2 0.08147 + \dots + 0.00072 \log_2 0.00072), \\ H(S_{fr}) &= 3.9856 \text{ bit.} \end{aligned} \quad (4.8)$$

Alman Dilinin entropisi:

$$\begin{aligned} H(S_{alm}) &= -\sum_{i=1}^{26} p_i \log_2 p_i, \\ H(S_{alm}) &= -(0.06506 \log_2 0.06506 + \dots + 0.01002 \log_2 0.01002), \\ H(S_{alm}) &= 4.0951 \text{ bits.} \end{aligned} \quad (4.9)$$

İspanyol Dilinin entropisi:

$$\begin{aligned} H(S_{isp}) &= -\sum_{i=1}^{26} p_i \log_2 p_i, \\ H(S_{isp}) &= -(0.12529 \log_2 0.12529 + \dots + 0.00523 \log_2 0.00523), \\ H(S_{isp}) &= 4.01594 \text{ bit.} \end{aligned} \quad (4.10)$$

İngiliz, Fransız, Alman ve İspanyol Dilleri için kurulan Adi Kodların beklenen uzunluğu $I_{tr} = I_{ing} = I_{fr,alm,isp}$ ve olasılıklar toplamı bire eşit olduğundan, $\bar{L}_{tr} = \bar{L}_{ing} = \bar{L}_{fr,alm,isp} = 5$ bit'tir. Bu bilgiler ışığında İngiliz, Fransız, Alman ve İspanyol dilleri için kurulan Adi Kodların sembol başına düşen bilgi miktarı sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

İngiliz Dili için:

$$\begin{aligned} I_{i/s}^{ing} &= \frac{H(S_{ing})}{\bar{L}_{ing}} = \frac{4.07225}{5} = 0.81445, \\ I_{i/s}^{ing} &= 0.81445 \text{ bit.} \end{aligned} \quad (4.11)$$

Fransız Dili için:

$$I_{i/s}^{fr} = \frac{H(S_{fr})}{\bar{L}_{fr}} = \frac{3.9856}{5} = 0.79712 ,$$

$$I_{i/s}^{fr} = 0.79712 \text{ bit} \quad (4.12)$$

Alman Dili için:

$$I_{i/s}^{alm} = \frac{H(S_{alm})}{\bar{L}_{alm}} = \frac{4.0951}{5} = 0.81902 ,$$

$$I_{i/s}^{alm} = 0.81902 \text{ bit.} \quad (4.13)$$

İspanyol Dili için:

$$I_{i/s}^{isp} = \frac{H(S_{isp})}{\bar{L}_{isp}} = \frac{4.01594}{5} = 0.80319 ,$$

$$I_{i/s}^{isp} = 0.80319 \text{ bit.} \quad (4.14)$$

Rus dilinin kaynak alfabesi 31 harf (*B(b) tek harf olarak sayılmıştır çünkü biri diğerinin inceltilmiş durumudur ve çok nadir ortaya çıkmaktadır*) ve bir boşluk karakterinden oluşmaktadır. Buna göre, Rus Dili için adi kod kelime uzunluğu (I_{rus}):

$$I_{rus} \geq \log_2 N_{rus} = \log_2 32 = 4.99 \approx 5 ,$$

$$I_{rus} = 5 \text{ bit.} \quad (4.15)$$

Kod kelime uzunlukları 5 bitten oluşacak şekilde Rus Dili için Adi Kodlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Ek 1'de yer alan Rus Dili için Adi Kodlarla Rus Dilini kodlama doğrultusunda sembol başına düşen bilgi miktarını hesaplamak amacıyla öncelikle Rus Dilinin entropisi ve adi kodları beklenen uzunluğu hesaplanmıştır.

Rus Dilinin Entropisi:

$$\begin{aligned} H(S_{\text{rus}}) &= -\sum_{i=1}^{32} p_i \log_2 p_i \\ H(S_{\text{rus}}) &= -(0.064 \log_2 0.064 + 0.015 \log_2 0.015 + \dots + 0.145 \log_2 0.145) \\ H(S_{\text{rus}}) &= 4.41967 \text{ bit.} \end{aligned} \quad (4.16)$$

Rus Dili için kurulan Adi Kod Şemasının beklenen uzunluğu (*Bkz. Bölüm 2.3.2*):

$$\begin{aligned} \bar{L}_{\text{rus}} &= l_{\text{rus}} * \left(\sum_{i=1}^{32} p_i \right) = 5 * (0.064 + 0.015 + \dots + 0.145) = 5, \\ \bar{L}_{\text{rus}} &= 5 \text{ bit.} \end{aligned} \quad (4.17)$$

Rus Dili için oluşturulan Adi Kodların sembol başına taşıdığı bilgi miktarı:

$$\begin{aligned} I_{i/s}^{\text{rus}} &= \frac{H(S_{\text{rus}})}{\bar{L}_{\text{rus}}} = \frac{4.41967}{5} = 0.88393, \\ I_{i/s}^{\text{rus}} &= 0.88393 \text{ bit.} \end{aligned} \quad (4.18)$$

Şimdi Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için kurulan Adi Kodların bu diller üzerindeki optimalliğini daha net görebilmek için bu bölümde yapılan çalışma Çizelge 4.4'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.4. Adi Kodların Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına İnfomasyon Miktarı

Dil	H(S)	Adi Kodlama	
		\bar{L}	$I_{i/s}$
Türkçe	4.36612	5	0.873224
İngilizce	4.07225	5	0.81445
Fransızca	3.9856	5	0.79712
Almanca	4.0951	5	0.81902
İspanyolca	4.01594	5	0.80319
Rusça	4.41967	5	0.88393

Bölüm 2.3.5.2'deki Teorem 2.1'e göre optimal uzunluğa sahip kod kelimeleri oluşturabilmek için $\bar{L} \geq H_D$ (2.49) eşitsizliği sağlanmalıdır. Buna göre $I_{i/s} \rightarrow 1$ olmalıdır. Bu açıdan Çizelge 4.4'ü inceleyecek olursak, kolayca görülüyor ki Rus Dili için kurulan adi kodlar Türk, İngiliz, Fransız, Alman ve İspanyol Dilleri için kurulan adi kodlara göre daha fazla infomasyon miktarı taşımaktadır.

4.1.3 Shannon kodlama metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması

Türkçe, İngilizce, Rusça, Almanca, Fransızca ve İspanyolca için Shannon Kodları aşağıdaki işlemlerin sırasıyla yapılması sonucu elde edilir (*Bkz. Bölüm 3.2*):

1. Ele alınan alfabedeki harflere karşı gelen olasılık değerleri $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ile $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_n$ olacak şekilde büyükten küçüğe sıralanır.
2. $F_i, i=1,2,\dots,n$ Diyadik kesirler hesaplanır.
3. Kod kelime uzunlukları $l_i, i=1,2,\dots,n$ hesaplanır.

4. Diyardik kesirler (F_i)'in ikili genişletmeleri yapılır. Bu işlem Koblitz Hilesi kullanılarak kolaylıkla gerçekleştirilir.

Bu tezde, kaynak alfabeleri olarak sırasıyla Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'teki alfabeler ele alınmıştır. Ardından bu alfabelerin ilgili dillerdeki olasılık değerlerine göre Shannon Kodlarını oluşturulmuştur. Shannon Kodları, Türkçe, İngilizce, Rusça, Almanca, Fransızca ve İspanyolca için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Böylece, bu kodlama tekniklerinin hangi dilde daha optimal kodlamayı gerçekleştirdiği karşılaştırılabilir duruma getirilmiştir. Buna göre sözü edilen hesaplamalar ve kodlar Türkçe, İngilizce ve Rusça Dilleri için ayrı ayrı sütunlarda Ek 2'de ve Almanca, Fransızca ve İspanyolca Dilleri için Ek 3'te verilmiştir.

Bu dillerin entropileri (4.2), (4.7), (4.8), (4.9) ve (4.10) eşitliklerinde gösterildiği gibi hesaplanmıştır. Diller için kurulan Shannon Kodlama şemalarının beklenen uzunlukları \bar{L} ve sembol başına düşen bilgi miktarları $I_{i/s}$ sırasıyla aşağıda olduğu gibi hesaplanmıştır.

Türk Dili için:

$$\bar{L}_{tr} = \sum_{i=1}^{30} p_i l_i = (0.1329 * 3) + (0.1026 * 4) + \dots + 0.0003 * 12$$

$$\bar{L}_{tr} = 4.8111 \text{ bit}; \quad (4.19)$$

$$I_{i/s}^{tr} = \frac{H(S_{tr})}{\bar{L}_{tr}} = \frac{4.36612}{4.8111} = 0.90751,$$

$$I_{i/s}^{tr} = 0.90751 \text{ bit}. \quad (4.20)$$

İngiliz Dili için:

$$\bar{L}_{ing} = \sum_{i=1}^{27} p_i l_i = (0.191818 * 3) + (0.104144 * 4) + \dots + (0.000784 * 11),$$

$$\bar{L}_{ing} = 4.626821 \text{ bit}; \quad (4.21)$$

$$I_{i/s}^{ing} = \frac{H(S_{ing})}{\bar{L}_{ing}} = \frac{4.07225}{4.626821} = 0.88014,$$

$$I_{i/s}^{ing} = 0.88014 \text{ bit}. \quad (4.22)$$

Rus Dili için:

$$\bar{L}_{rus} = \sum_{i=1}^{32} p_i l_i = (0.145 * 3) + (0.095 * 4) + \dots + (0.002 * 9) = 4.865,$$

$$\bar{L}_{rus} = 4.865 \text{ bit}; \quad (4.23)$$

$$I_{i/s}^{rus} = \frac{H(S_{rus})}{\bar{L}_{rus}} = \frac{4.41967}{4.865} = 0.908462,$$

$$I_{i/s}^{rus} = 0.908462 \text{ bit}. \quad (4.24)$$

Alman Dili için:

$$\bar{L}_{alm} = \sum_{i=1}^{26} p_i l_i = (0.16693 * 3) + (0.09905 * 4) + \dots + (0.00022 * 13),$$

$$\bar{L}_{alm} = 4.50003 \text{ bit}; \quad (4.25)$$

$$I_{i/s}^{alm} = \frac{H(S_{alm})}{\bar{L}_{alm}} = \frac{4.0951}{4.50003} = 0.910016,$$

$$I_{i/s}^{alm} = 0.910016 \text{ bit}. \quad (4.26)$$

Fransız Dili için:

$$\bar{L}_{fr} = \sum_{i=1}^{26} p_i l_i = (0.17564 * 3) + (0.08147 * 4) + \dots + (0.00020 * 13),$$

$$\bar{L}_{fr} = 4.48604 \text{ bit}; \quad (4.27)$$

$$I_{i/s}^{fr} = \frac{H(S_{fr})}{\bar{L}_{fr}} = \frac{3.9856}{4.48604} = 0.888445 \text{ bit},$$

$$I_{i/s}^{fr} = 0.888445 \text{ bit.} \quad (4.28)$$

İspanyol Dili için:

$$\bar{L}_{isp} = \sum_{i=1}^{26} p_i l_i = (0.13676 * 3) + (0.12529 * 3) + \dots + (0.00004 * 15),$$

$$\bar{L}_{isp} = 4.38878 \text{ bit;} \quad (4.29)$$

$$I_{i/s}^{isp} = \frac{H(S_{isp})}{\bar{L}_{isp}} = \frac{4.01594}{4.38878} = 0.915047,$$

$$I_{i/s}^{isp} = 0.915047 \text{ bit.} \quad (4.30)$$

Elde edilen sonuçların daha kolay görülebilmesi amacıyla Çizelge 4.5 oluşturulmuştur.

Çizelge 4.5'e göre Shannon Kodlaması ile kurulan kodlar ele alınan 6 dil arasından İspanyol dili için daha fazla bilgi miktarı taşımakta olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.5. Shannon Kodlarının Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına Bilgi Miktarları

Dil	H(S)	Shannon Kodlaması	
		\bar{L}	$I_{i/s}$
Türkçe	4.36612	4.8111	0.90751
İngilizce	4.07225	4.626821	0.88014
Fransızca	3.9856	4.48604	0.888445
Almanca	4.0951	4.50003	0.910016
İspanyolca	4.01594	4.38878	0.915047
Rusça	4.41967	4.865	0.908462

Dikkat edilmeli ki Çizelge 4.5'te Shannon Kodlaması ile sembol başına bilgi miktarı Çizelge 4.4'teki Adi Kodlamaya göre artmıştır. Bu ise şaşırtıcı değildir, çünkü Shannon Kodlaması alfabe içindeki harflerin ortaya çıkma olasılıklarını da dikkate alarak, olasılık değeri yüksek olana kısa uzunlukta kod kelimeleri ve olasılık değeri küçük olana uzun kod kelimeleri atayarak elde edilir.

4.1.4. Fano kodlama metodu ve geliştirilmiş Fano (Fano⁺) kodlama metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması

Bölüm 3.3'te anlatılan Shannon–Fano Kodlama metodu ile Türkçe, İngilizce, Rusça, Almanca, Fransızca ve İspanyolca için Shannon-Fano Kodları sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılarak elde edilir:

1. $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ kaynak alfabesinin ilgili $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ olasılıkları $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_m$ olacak şekilde büyükten küçüğe sıralanır.

2. Bilindiği gibi olasılıkların toplamı 1'e eşittir. Buna göre olasılıkların verildiği sütununun en üstünden başlayarak olasılıkların toplamı yaklaşık 0.5 olacak şekilde alfabe içindeki harfler iki gruba ayrılır. Üst gruptaki harflere karşı gelen kod kelimesinin ilk sembolü 0, altta kalanlara karşı gelen kod kelimesinin ilk sembolü 1 olarak atanır. Ardından kod kelimesinin ikinci sembolünü oluşturmak doğrultusunda alt gruplar olasılıkları olabildiğince birbirine yakın olacak şekilde tekrar bir alt gruba daha ayrılır. Kod kelimesinin ikinci sembolünün ataması da yine bir önceki gibi yapılır ve süreç bu şekilde devam eder.

Bu aşamalar izlenerek Türk ve İngiliz Dilleri için kurulan Shannon-Fano Kodları Ek 4'te, Rus ve İspanyol Dilleri için kurulan Shannon-Fano Kodları Ek 5'te

ve Alman ve Fransız Dilleri için kurulan Shannon-Fano Kodları Ek 6'da verilmiştir. Ek 4, Ek 5, Ek 6'da kurulan Shannon-Fano Kodlama şemalarının beklenen uzunlukları \bar{L} ve sembol başına düşen bilgi miktarları $I_{i/s}$ sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Türk Dili için:

$$\bar{L}_{tr} = \sum_{i=1}^{30} p_i l_i = (0.1329 * 3) + (0.1026 * 3) + \dots + 0.0003 * 8) = 4.3936,$$

$$\bar{L}_{tr} = 4.3936 \text{ bit}; \quad (4.31)$$

$$I_{i/s}^{tr} = \frac{H(S_{tr})}{\bar{L}_{tr}} = \frac{4.36612}{4.3936} = 0.993745,$$

$$I_{i/s}^{tr} = 0.993745 \text{ bit}. \quad (4.32)$$

İngiliz Dili için:

$$\bar{L}_{ing} = \sum_{i=1}^{27} p_i l_i = (0.191818 * 3) + (0.104144 * 3) + \dots + (0.000784 * 11),$$

$$\bar{L}_{ing} = 4.140881 \text{ bit}; \quad (4.33)$$

$$I_{i/s}^{ing} = \frac{H(S_{ing})}{\bar{L}_{ing}} = \frac{4.07225}{4.140881} = 0.983426,$$

$$I_{i/s}^{ing} = 0.983426 \text{ bit}. \quad (4.34)$$

Rus Dili için:

$$\bar{L}_{rus} = \sum_{i=1}^{32} p_i l_i = (0.145 * 3) + (0.095 * 4) + \dots + (0.002 * 9),$$

$$\bar{L}_{rus} = 4.453 \text{ bit}; \quad (4.35)$$

$$I_{i/s}^{rus} = \frac{H(S_{rus})}{\bar{L}_{rus}} = \frac{4.41967}{4.453} = 0.992515,$$

$$I_{i/s}^{\text{rus}} = 0.992515 \text{ bit.} \quad (4.36)$$

Alman Dili için:

$$\bar{L}_{\text{alm}} = \sum_{i=1}^{26} p_i l_i = (0.16693 * 3) + (0.09905 * 3) + \dots + (0.00022 * 10),$$

$$\bar{L}_{\text{alm}} = 4.13621 \text{ bit;} \quad (4.37)$$

$$I_{i/s}^{\text{alm}} = \frac{H(S_{\text{alm}})}{\bar{L}_{\text{alm}}} = \frac{4.0951}{4.13621} = 0.990061,$$

$$I_{i/s}^{\text{alm}} = 0.990061 \text{ bit.} \quad (4.38)$$

Fransız Dili için:

$$\bar{L}_{\text{fr}} = \sum_{i=1}^{26} p_i l_i = (0.17564 * 3) + (0.08147 * 3) + \dots + (0.00020 * 11),$$

$$\bar{L}_{\text{fr}} = 4.04472 \text{ bit;} \quad (4.39)$$

$$I_{i/s}^{\text{fr}} = \frac{H(S_{\text{fr}})}{\bar{L}_{\text{fr}}} = \frac{3.9856}{4.04472} = 0.985383,$$

$$I_{i/s}^{\text{fr}} = 0.985383 \text{ bit.} \quad (4.40)$$

İspanyol Dili için:

$$\bar{L}_{\text{isp}} = \sum_{i=1}^{26} p_i l_i = (0.13676 * 3) + (0.12529 * 3) + \dots + (0.00004 * 10),$$

$$\bar{L}_{\text{isp}} = 4.05264 \text{ bit;} \quad (4.41)$$

$$I_{i/s}^{\text{isp}} = \frac{H(S_{\text{isp}})}{\bar{L}_{\text{isp}}} = \frac{4.01594}{4.05264} = 0.990944,$$

$$I_{i/s}^{\text{isp}} = 0.990944 \text{ bit.} \quad (4.42)$$

Geliştirilmiş Fano Kodları ise bölümün başında anlatılan aşamalara ek olarak aşağıdaki işlem gerçekleştirerek kurulurlar:

1. Geliştirilmiş Fano kodlarını oluşturmak için kurulmuş Shannon-Fano Kodlarının kod kelime uzunlukları dikkate alınır. Kod kelime uzunlukları büyükten küçüğe dizilir. Bu işlem yapılırken her uzunluk kendisine karşılık gelen kod kelimesi ile beraber yer değiştirir. Böylece alfabedeki harflerin ve olasılıkların yeri değişmeden kod kelimeleri uzunluklarına göre yeniden düzenlenmiş olur.

Bu aşama dikkate alındığında, Türkçe, İngilizce, Rusça, Almanca, Fransızca ve İspanyolca için kurulan Shannon-Fano Kodlama Şemaları arasından sadece İngilizce ve Rusça için bu değişiklik mümkün olmaktadır.

İngilizce için Ek 4'te kurulan Shannon-Fano Kodları arasından C harfine karşı gelen 6 bit uzunluğundaki 110111 kod kelimesi F harfine karşılık gelen 5 bit uzunluğundaki 11100 kod kelimesi ile yer değiştirir. Bu işlem ile İngilizce için Fano⁺ Kodları Ek 4'teki çizelgenin son sütununda verilmiştir. İngiliz Dili için düzenlenen bu kodlama şemasının beklenen uzunluğu 4.138935 bit ve sembol başına düşen bilgi miktarı 0.983888 bittir.

Rus Dili için Ek 5'te kurulan Shannon Fano kodları incelendiğinde Fano⁺ Kodlarının kurulabilmesi için benzer değişiklik Д ve Y harfleri için gerekmektedir. Bu durumda Д harfine karşı gelen 6 bit uzunluğundaki 110010 kod kelimesi Y harfine karşı gelen 5 bit uzunluğundaki 11010 kod kelimesi ile yer değiştirmektedir. Sonuçta Rus Dili için Shannon-Fano Kodlarının düzenlenmesi ile elde edilen ve Ek 5'teki çizelgede baştan 5. sütunda verilen Fano⁺ Kodlama şemasının beklenen uzunluğu 4.448'e ve $I_{i/s}$ 0.993631'ye eşit olur.

Çizelge 4.6. Shannon-Fano Kodlarının ve Geliştirilmiş Fano Kodlarının Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına İnfomasyon Miktarları

Dil	H(S)	Shannon-Fano Kodlaması		Geliştirilmiş Fano (Fano ⁺ Kodu)	
		\bar{L}	$I_{i/s}$	\bar{L}	$I_{i/s}$
Türkçe	4.36612	4.3936	0.993745	4.3936	0.993745
İngilizce	4.07225	4.140881	0.983426	4.138935	0.983888
Fransızca	3.9856	4.04472	0.985383	4.04472	0.985383
Almanca	4.0951	4.13621	0.990061	4.13621	0.990061
İspanyolca	4.01594	4.05264	0.990944	4.05264	0.990944
Rusça	4.41967	4.453	0.992515	4.448	0.993631

Elde edilen sonuçların daha kolay görülebilmesi amacıyla Çizelge 4.6 oluşturulmuştur. Bu çizelge incelendiğinde Fano⁺ Kodlama Şeması ile gerçekten Shannon-Fano Kodlama Şemasının beklenen uzunluğu azalmaktadır ve dolayısıyla sembol başına infomasyon artmaktadır. Bu ise Fano⁺ Kodlamasının Shannon-Fano Kodlamasına göre daha fazla infomasyon taşıyan kodlar kurduğu anlamına gelir. Diğer yandan hem Shannon-Fano Kodlaması hem de Fano⁺ Kodlaması, Shannon Kodlamasına ve Adi kodlamaya göre daha fazla infomasyon taşıyan kodlar oluşturmaktadır. Buna ek olarak Türkçe ve Rusça için hem Shannon-Fano Kodlaması hem de Fano⁺ Kodlaması ile diğer dillere nazaran sembol başına daha fazla infomasyon elde edilir.

4.1.5 Huffman kodlama metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması

Huffman Kodlarının kuruluşu teorik olarak Bölüm 3.5'te anlatılmıştır. Huffman Kodlama Şema kuruluşunun daha iyi anlaşılması için aşağıdaki aşamalar verilmiştir:

1. Ele alınan kaynak alfabetesi $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ve karşı gelen $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ harflerin ortaya çıkma olasılıkları $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_n$ olacak şekilde büyükten küçüğe sıralanır.

2. Sıralanan olasılıklar içerisinde en küçük iki olasılık ağaç şemanın ilk iki dalını oluşturur. Üst dala 0, alt dala 1 sembolü atanır. En küçük iki olasılık sıralamadan dolayı en altta bulunduğundan ağaç şemasının kurulumu en alttan başlamış olacaktır. Ele alınan bu iki olasılığın toplamı elde edilir.

3. Geri kalan olasılıklar ve yeni elde edilen olasılık toplamı da göz önünde bulundurularak içlerinden en küçük olan ikisi tespit edilir. Ardından tespit edilen bu iki değer toplanarak yeni bir toplam oluşturulur. Yeni oluşturulan üst dala 0, alt dala 1 atanır. Süreç bu şekilde, olasılıklar toplamı elde edilene kadar devam eder.

4. Olasılıklar toplamı elde edilince kaynak alfabetesindeki harfe karşı gelen kod kelimesi dalları soldan sağa izleyerek oluşturulur.

Yukarıda anlatılan aşamalar, Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol alfabeleri, kaynak alfabetesi olarak ele alınıp uygulanmıştır. Bu diller için kurulan Huffman Kodlama Şemaları sırasıyla Ek 7-12'de verilmiştir. Söz konusu bu ekler incelenerek yukarıdaki aşamaların görsel olarak uygulanışının daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır. Bu aşamalar sonucunda söz konusu şemaların kurulmasının ardından şemaların harflere karşılık gelen dalları soldan sağa izlenerek ilgili Huffman Kodları kurulur. Türkçe, Rusça ve İngilizce için kurulan Huffman Kodları Ek 13'te ve Fransızca, Almanca ve İspanyolca için kurulan Huffman Kodları Ek 14'te verilmiştir.

Bu kodların beklenen uzunlukları ve sembol başına düşen bilgi miktarları aşağıda incelenmiştir.

Türk Dili için:

$$\bar{L}_{tr} = \sum_{i=1}^{30} p_i L_i = (0.1329 * 3) + (0.1026 * 3) + \dots + 0.0003 * 9,$$

$$\bar{L}_{tr} = 4.3927 \text{ bit}; \quad (4.43)$$

$$I_{i/s}^{tr} = \frac{H(S_{tr})}{\bar{L}_{tr}} = \frac{4.36612}{4.3927} = 0.993949,$$

$$I_{i/s}^{tr} = 0.993949 \text{ bit}. \quad (4.44)$$

İngiliz Dili için:

$$\bar{L}_{ing} = \sum_{i=1}^{27} p_i l_i = (0.191818 * 3) + (0.104144 * 3) + \dots + (0.000784 * 10),$$

$$\bar{L}_{ing} = 4.111211 \text{ bit}; \quad (4.45)$$

$$I_{i/s}^{ing} = \frac{H(S_{ing})}{\bar{L}_{ing}} = \frac{4.07225}{4.111211} = 0.990523,$$

$$I_{i/s}^{ing} = 0.990523 \text{ bit}. \quad (4.46)$$

Rus Dili için:

$$\bar{L}_{rus} = \sum_{i=1}^{32} p_i l_i = (0.145 * 3) + (0.095 * 4) + \dots + (0.002 * 9),$$

$$\bar{L}_{rus} = 4.448 \text{ bit}; \quad (4.47)$$

$$I_{i/s}^{rus} = \frac{H(S_{rus})}{\bar{L}_{rus}} = \frac{4.41967}{4.448} = 0.993631,$$

$$I_{i/s}^{rus} = 0.993631 \text{ bit}. \quad (4.48)$$

Alman Dili için:

$$\bar{L}_{\text{alm}} = \sum_{i=1}^{26} p_i L_i = (0.16693 * 3) + (0.09905 * 3) + \dots + (0.00022 * 10),$$

$$\bar{L}_{\text{alm}} = 4.13013 \text{ bit}; \quad (4.49)$$

$$I_{i/s}^{\text{alm}} = \frac{H(S_{\text{alm}})}{\bar{L}_{\text{alm}}} = \frac{4.0951}{4.13013} = 0.991518,$$

$$I_{i/s}^{\text{alm}} = 0.991518 \text{ bit}. \quad (4.50)$$

Fransız Dili için:

$$\bar{L}_{\text{fr}} = \sum_{i=1}^{26} p_i L_i = (0.17564 * 2) + (0.08147 * 4) + \dots + (0.00020 * 12),$$

$$\bar{L}_{\text{fr}} = 4.02646 \text{ bit}; \quad (4.51)$$

$$I_{i/s}^{\text{fr}} = \frac{H(S_{\text{fr}})}{\bar{L}_{\text{fr}}} = \frac{3.9856}{4.02646} = 0.989852,$$

$$I_{i/s}^{\text{fr}} = 0.989852 \text{ bit}. \quad (4.52)$$

İspanyol Dili için:

$$\bar{L}_{\text{isp}} = \sum_{i=1}^{26} p_i L_i = (0.13676 * 3) + (0.12529 * 3) + \dots + (0.00004 * 10),$$

$$\bar{L}_{\text{isp}} = 4.04658 \text{ bit}; \quad (4.53)$$

$$I_{i/s}^{\text{isp}} = \frac{H(S_{\text{isp}})}{\bar{L}_{\text{isp}}} = \frac{4.01594}{4.04658} = 0.992428,$$

$$I_{i/s}^{\text{isp}} = 0.992428 \text{ bit}. \quad (4.54)$$

Huffman kodlaması ile ilgili olarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.7’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.7. Huffman Kodlarının Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına İnfomasyon Miktarları

Dil	H(S)	Huffman Kodları	
		\bar{L}	$I_{i/s}$
Türkçe	4.36612	4.3927	0.993949
İngilizce	4.07225	4.111211	0.990523
Fransızca	3.9856	4.02646	0.989852
Almanca	4.0951	4.13013	0.991518
İspanyolca	4.01594	4.04658	0.992428
Rusça	4.41967	4.448	0.993631

Çizelge 4.7'ye göre Huffman kodlaması bir önceki kodlamalara göre daha fazla infomasyon miktarı taşımakta olduğu sonucuna varılmıştır. Şemanın beklenen uzunluğu kısalmış ve sembol başına düşen infomasyon miktarı artmıştır. Özellikle Türk dili için Huffman Kodlaması çok optimal bir kodlama gerçekleştirmiştir.

4.1.6 Shannon-Fano-Elias (S-F-E) kodlama metodu ile Türkçenin, İngilizcenin, Rusçanın, Almancanın, Fransızcanın ve İspanyolcanın kodlanması

Bölüm 3.6'da anlatılan Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodu kullanılarak S-F-E kodları aşağıdaki aşamalar izlenerek kolayca kurulabilir:

1. Kaynak alfabesi $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ve karşı gelen $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ harflerin ortaya çıkma olasılıkları ele alınır. Sıralama önemli değildir.

2. $F(s) = \sum_{a \leq s} p(a)$ elde edilir.

3. $\bar{F}(s) = \sum_{a < s} p(a) + \frac{1}{2}p(s)$ elde edilir.

4. $l_i(s) = \left\lceil \log \frac{1}{p(s)} \right\rceil + 1$ kod kelime uzunlukları elde edilir.

5. $\bar{F}(s)$ değerleri $l_i(s)$ uzunluğında olacak şekilde Koblitiz Hilesi kullanılarak ikili genişletilir.

6. Elde edilen ikili genişlemeler kaynak alfabesindeki harflere karşı gelen S-F-E kodlarıdır.

Bu aşamalar izlenerek Türk ve İngiliz dilleri için elde edilen S-F-E Kodları Ek 15'te, Rus ve İşpanyol dilleri için elde edilen S-F-E Kodları Ek 16'da ve Alman ve Fransız Dilleri için elde edilen S-F-E Kodları Ek 17'de verilmiştir. S-F-E kodlarının beklenen uzunlukları ve sembol başına düşen informasyon miktarları aşağıdaki gibi hesaplanarak sonuçlar izelge 4.8'de özetlenmiştir.

Türk Dili için:

$$\bar{L}_{tr} = \sum_{i=1}^{30} p_i l_i = (0.1026 * 5) + (0.0237 * 7) + \dots + 0.1329 * 4),$$

$$\bar{L}_{tr} = 5.8111 \text{ bit}; \quad (4.55)$$

$$I_{i/s}^{tr} = \frac{H(S_{tr}) + 2}{\bar{L}_{tr}} = \frac{6.36612}{5.8111} = 1.09551,$$

$$I_{i/s}^{tr} = 1.09551 \text{ bit}. \quad (4.56)$$

İngiliz Dili iin:

$$\bar{L}_{ing} = \sum_{i=1}^{27} p_i l_i = (0,065174 * 5) + (0.012425 * 8) + \dots + (0.191818 * 4),$$

$$\bar{L}_{ing} = 5.626787 \text{ bit}; \quad (4.57)$$

$$I_{i/s}^{ing} = \frac{H(S_{ing}) + 2}{\bar{L}_{ing}} = \frac{6.07225}{5.626787} = 1.079168,$$

$$I_{i/s}^{ing} = 1.079168 \text{ bit}. \quad (4.58)$$

Rus Dili için:

$$\bar{L}_{\text{rus}} = \sum_{i=1}^{32} p_i l_i = (0.064 * 5) + (0.015 * 8) + \dots + (0.145 * 4),$$

$$\bar{L}_{\text{rus}} = 5.287 \text{ bit}; \quad (4.59)$$

$$I_{i/s}^{\text{rus}} = \frac{H(S_{\text{rus}}) + 2}{\bar{L}_{\text{rus}}} = \frac{6.41967}{5.287} = 1.214237,$$

$$I_{i/s}^{\text{rus}} = 1.214237 \text{ bit}. \quad (4.60)$$

Alman Dili için:

$$\bar{L}_{\text{alm}} = \sum_{i=1}^{26} p_i L_i = (0.06506 * 5) + (0.02566 * 7) + \dots + (0.01002 * 8),$$

$$\bar{L}_{\text{alm}} = 5.49945 \text{ bit}; \quad (4.61)$$

$$I_{i/s}^{\text{alm}} = \frac{H(S_{\text{alm}}) + 2}{\bar{L}_{\text{alm}}} = \frac{6.0951}{5.49945} = 1.108311,$$

$$I_{i/s}^{\text{alm}} = 1.108311 \text{ bit}. \quad (4.62)$$

Fransız Dili için:

$$\bar{L}_{\text{fr}} = \sum_{i=1}^{26} p_i l_i = (0.08147 * 5) + (0.00876 * 8) + \dots + (0.00072 * 12),$$

$$\bar{L}_{\text{fr}} = 5.48796 \text{ bit}; \quad (4.63)$$

$$I_{i/s}^{\text{fr}} = \frac{H(S_{\text{fr}}) + 2}{\bar{L}_{\text{fr}}} = \frac{5.9856}{5.48796} = 1.091109,$$

$$I_{i/s}^{\text{fr}} = 1.091109 \text{ bit}. \quad (4.64)$$

İspanyol Dili için:

$$\bar{L}_{\text{isp}} = \sum_{i=1}^{26} p_i L_i = (0.12529 * 4) + (0.0142 * 8) + \dots + (0.00523 * 9),$$

$$\bar{L}_{isp} = 5.39008 \text{ bit}; \quad (4.65)$$

$$I_{i/s}^{isp} = \frac{H(S_{isp}) + 2}{\bar{L}_{isp}} = \frac{6.01594}{5.39008} = 1.116113,$$

$$I_{i/s}^{isp} = 1.116113 \text{ bit}. \quad (4.66)$$

Çizelge 4.8 incelenirse, Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodu ile elde edilen kod kelimelerinin beklenen uzunluğu daha önceki çizelgelerde elde alınan beklenen uzunlukların tümünden daha büyüktür. Oysa Bölüm 2.3.5.2’de anlatılanlara göre optimal kodlama gerçekleştirmek için minimum uzunlukta kod kelimeleri kullanmak gerekir. Dolayısıyla S-F-E kodları optimal kodlama gerçekleştirememektedir. Türkçe, İngilizce, Fransızca, Almanca, İspanyolca ve Rusça için S-F-E kodları karşılaştırılacak olursa İngilizce için oluşturulan kodların en fazla bilgiyi taşıdıkları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodlarının Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus Dilleri için Beklenen Uzunlukları ve Sembol Başına Bilgi Miktarları

Dil	H(S)	S-F-E Kodlama	
		\bar{L}	$I_{i/s}$
Türkçe	4.36612	5.8111	1.09551
İngilizce	4.07225	5.626787	1.079168
Fransızca	3.9856	5.48796	1.091109
Almanca	4.0951	5.49945	1.108311
İspanyolca	4.01594	5.39008	1.116113
Rusça	4.41967	5.287	1.214237

Çizelge 4.9. Adi Kodlama, Shannon Kodlama, Shannon-Fano Kodlama, Geliştirilmiş Fano Kodlama, Huffman Kodlama ve Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodları ile Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus dilleri için kurulan ikili kodların sembol başına taşıdıkları bilgi miktarları

Dil	Adi Kod.	Shannon Kod.	Shannon-Fano Kod.	Geliştirilmiş Fano Kod.	Huffman Kod.	Shannon Fano Elias Kod.
Türkçe	0.8732	0.9075	0.9937	0.9937	0.9939	1.0955
İngilizce	0.8145	0.8801	0.9834	0.9839	0.9905	1.0792
Fransızca	0.7971	0.8885	0.9854	0.9854	0.9899	1.0911
Almanca	0.8190	0.9100	0.9901	0.9901	0.9915	1.1083
İspanyolca	0.8032	0.9150	0.9909	0.9909	0.9924	1.1161
Rusça	0.8839	0.9085	0.9925	0.9936	0.9936	1.2142

Sonuç olarak Türkçede, İngilizcede, Fransızca, Almancada, İspanyolcada ve Rusçada kullanılan alfabeler kaynak alfabesi olarak ele alındığında, ve bu alfabeler Adi, Shannon, Shannon-Fano, Geliştirilmiş Fano, Huffman ve Shannon-Fano-Elias Kodlama metodlarının uygulanması sonucu kodlandığında bu kodların sembol başına düşen bilgi miktarları elde edilmiştir. Ulaşılan bu genel sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Genel olarak Çizelge 4.9 incelendiğinde Huffman Kodlama Metodu ile oluşturulan kodların Türkçe, İngilizce, Fransızca, Almanca, İspanyolca ve Rusça için en optimal kodlama tekniği olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci optimal kodlama metodu olarak Geliştirilmiş Fano Kodlama Metodu gelmektedir.

4.2 Türk, İngiliz, Rus, Alman, Fransız ve İspanyol Dillerinde Kodlanmış Aynı Düşünceyi Temsil Eden Bir Metnin Bu Dillerde Taşıdığı İnfomasyonlara İlişkin Karşılaştırmalar

Belirli düşünceler apaçık farklı durumlarda ifade edilebilir. Örneğin, üç durumun bir gösterimine dikkat edecek olursak, Türkçede “Düşük karbon ekonomisi yaratmak”, İngilizcede “creating a low carbon economy” ve Rusçada “создание экономики с меньшим содержанием углерода” ifadeleri aynı düşüncenin farklı dillerde kodlanmasıdır. Başka bir ifadeyle, diller alternatif kodlar olarak ele alınıp aynı düşünceyi ifade edebilirler. Açıktır ki, farklı dillerin mutlak ölçümüne bakılmaksızın aynı anlamsal metni hangi dil ile etkin kodlandıklarını dikkate alarak bir karşılaştırma yapmak mümkündür. Bir dilden diğerine bir çeviri kullanarak, belirli bir anlamdaki metin bir kod dönüşümü gibi düşünülebilir. Buradan hareketle bu bölümde, alternatif kod olarak Türk, İngiliz, Fransız, Alman, İspanyol ve Rus dilleri ele alınmıştır ve istatistiksel olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, İngiltere’de DEFRA tarafından daha düşük karbon enerjisi yaratmak amacıyla önerilen stratejilerin anlatıldığı metin kaynak olarak ele alınmıştır. Orijinali İngilizce olan bu metnin Fransızca, Almanca, İspanyolca ve Rusça çevirileri de elektronik olarak elde edilmiştir [34]. Bu sayfaların çevirileri ise Ek 18-23’de verilmiştir. 6 dilde çevirisi bulunan bu metin için, aynı düşüncenin, söz konusu dilleri birer kodlama türü gibi ele alınıp kodladığı düşünülmüştür. Bu metinler temel alınarak, dillerin alfabelerindeki harflere karşı gelen frekansları ve olasılıkları bilgisayar ortamında hesaplanmıştır ve sonuçlar Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Seçilen metnin Türkçe ve Rusça çevirilerinde Türk ve Rus alfabelerindeki harflerin ortaya çıkma frekansları ve olasılıkları.

Türkçe			Rusça		
harf	f_i	p_i	Harf	f_i	p_i
A	2433	0.0924	А	1726	0.0507
B	434	0.0165	Б	539	0.0158
C	246	0.0093	В	1321	0.0388
Ç	322	0.0122	Г	485	0.0142
D	748	0.0284	Д	912	0.0268
E	2379	0.0903	Е	2654	0.0780
F	36	0.0014	Ж	233	0.0068
G	362	0.0137	З	427	0.0125
Ğ	304	0.0115	И	2431	0.0714
H	122	0.0046	Й	189	0.0056
I	1334	0.0507	К	770	0.0226
İ	2222	0.0844	Л	1001	0.0294
J	25	0.0009	М	954	0.0280
K	1184	0.0450	Н	2096	0.0616
L	1667	0.0633	О	2911	0.0855
M	927	0.0352	П	691	0.0203
N	1515	0.0575	Р	1415	0.0416
O	475	0.0180	С	1502	0.0441
Ö	171	0.0065	Т	1817	0.0534
P	106	0.0040	У	610	0.0179
R	1689	0.0641	Ф	86	0.0025
S	437	0.0166	Х	350	0.0103
Ş	461	0.0175	Ц	120	0.0035
T	904	0.0343	Ч	370	0.0109
U	540	0.0205	Ш	173	0.0051
Ü	436	0.0166	Щ	168	0.0049
V	278	0.0106	Ъ.ь	464	0.0136
Y	902	0.0343	Ы	681	0.0200
Z	383	0.0145	Э	251	0.0074
#	3292	0.1250	Ю	166	0.0049
Toplam	26334		Я	575	0.0169
			#	5953	0.1749
			Toplam	34041	

Çizelge 4.11. Seçilen metnin İngilizce, Fransızca, Almanca, İspanyolca çevirilerinde, bu dillerin alfabelerindeki harflerin ortaya çıkma frekansları ve olasılıkları

S _i	İngilizce		Almanca		Fransızca		İspanyolca	
	f _i	p _i	f _i	p _i	f _i	p _i	f _i	p _i
A	1423	0.0568	1227	0.0382	1772	0.0526	2960	0.0964
B	342	0.0136	511	0.0159	308	0.0091	349	0.0114
C	777	0.0310	639	0.0199	1023	0.0304	1258	0.0410
D	700	0.0279	1185	0.0369	1174	0.0349	1324	0.0431
E	2962	0.1182	5112	0.1591	4302	0.1278	3706	0.1207
F	378	0.0151	562	0.0175	301	0.0089	222	0.0072
G	513	0.0205	1049	0.0326	378	0.0112	396	0.0129
H	665	0.0265	1029	0.0320	165	0.0049	93	0.0030
I	1603	0.0640	2436	0.0758	2122	0.0630	1758	0.0573
J	15	0.0006	47	0.0015	57	0.0017	70	0.0023
K	123	0.0049	421	0.0131	2	0.0001	0	0.0000
L	1037	0.0414	889	0.0277	1409	0.0419	1271	0.0414
M	541	0.0216	621	0.0193	778	0.0231	929	0.0303
N	1641	0.0655	3273	0.1019	2585	0.0768	1989	0.0648
O	1625	0.0648	733	0.0228	1956	0.0581	2233	0.0727
P	534	0.0213	195	0.0061	921	0.0274	715	0.0233
Q	22	0.0009	13	0.0004	294	0.0087	149	0.0049
R	1468	0.0586	2473	0.0770	2242	0.0666	1983	0.0646
S	1285	0.0513	1691	0.0526	2628	0.0781	2091	0.0681
T	1715	0.0684	1593	0.0496	2043	0.0607	1246	0.0406
U	669	0.0267	1298	0.0404	1706	0.0507	900	0.0293
V	276	0.0110	269	0.0084	416	0.0124	264	0.0086
W	461	0.0184	602	0.0187	0	0.0000	1	0.0000
X	50	0.0020	8	0.0002	130	0.0039	58	0.0019
Y	414	0.0165	7	0.0002	82	0.0024	226	0.0074
Z	4	0.0002	456	0.0142	25	0.0007	86	0.0028
#	3822	0.1525	3793	0.1180	4844	0.1439	4426	0.1442
toplam	25065		32132		33663		30703	

Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11 incelendiğinde görülmektedir ki, söz konusu metindeki düşünceler Türkçe, Rusça, İngilizce, Fransızca, Almanca ve İspanyolca kodlandıklarında, bu düşünceleri anlatmak için en fazla karakteri (34041 karakter) Rusça kullanmaktadır ve en az karakteri (25065 karakter) İngilizce kullanmaktadır. Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’de sayısal değerler kullanılarak ele alınan metnin her bir çevirisi için entropi miktarı hesaplanmıştır ve Çizelge 4.12’nin ilk sütununda

verilmiştir. Ardından söz konusu dillerde mevcut tüm metinler birer ayrı anakütle olarak ele alınmıştır. Söz konusu dillerde aynı düşüncüyü ifade eden metinlerin ilgili dilin anakütlesinden çekilen birer rassal örneklem oldukları varsayılmıştır.

Böylece her dil sisteminin entropisi ve ilgili örneklemdaki harf sayısı kullanılarak söz konusu metnin toplam entropisi hesaplanmıştır ve Çizelge 4.12'nin son sütununda sunulmuştur.

Çizelge 4.12. Aynı düşüncüyü ifade eden Türkçe, Rusça, İngilizce, Fransızca, Almanca, İspanyolca çevirilerinde metnin içerdiği bilgi miktarı

Çeviri	Entropi	Örneklemdaki Harf Sayısı	Toplam Entropi
Türkçe	4.32989	26334	114023
İngilizce	4.14886	25065	103991
Fransızca	4.01929	33663	135301
Almanca	4.07958	32132	131085
İspanyolca	4.01415	30703	123246
Rusça	4.34520	34041	147915

Böylece, aynı düşüncüyü ifade eden Türkçe, Rusça, İngilizce, Fransızca, Almanca, İspanyolca çevirilerinde metnin içerdiği bilgi miktarı Çizelge 4.12'e göre karşılaştırılabilir konuma gelmiştir. Buna göre, metinde düşünceleri anlatmak için Türkçenin 114023 bite, İngilizcenin 103991 bite, Fransızca 135301 bite, Almanca 131085 bite, İspanyolcanın 123246 bite ve Rusçanın 147915 bite ihtiyacı vardır.

Çizelge 4.12'de verilen toplam entropi değerleri kullanılarak ele alınan diller arasında çoklu karşılaştırmalar yapılabilir. Buna göre yapılan karşılaştırmalarla ilgili varılan sonuçlara aşağıda yer verilmektedir:

- Bir Türk harfinin anlamsal değeri, bir İngiliz harfinin yaklaşık %91'dir. Bunun anlamı, bu metinde Türkçe yer alan düşünceleri anlatmak için İngilizceden %9 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Fransız harfinin anlamsal değeri, bir Türk harfinin yaklaşık %84'idir. Bunun anlamı, bu metinde Fransızca yer alan düşünceleri anlatmak için Türkçeden %16 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Alman harfinin anlamsal değeri, bir Türk harfinin yaklaşık %87'idir. Bunun anlamı, bu metinde Almanca yer alan düşünceleri anlatmak için Türkçeden %13 daha fazla harfe gerek var.

- Bir İspanyol harfinin anlamsal değeri, bir Türk harfinin yaklaşık %93'idir. Bunun anlamı, bu metinde İspanyolca yer alan düşünceleri anlatmak için Türkçeden %7 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Rus harfinin anlamsal değeri, bir Türk harfinin yaklaşık %77'idir. Bunun anlamı, bu metinde İspanyolca yer alan düşünceleri anlatmak için Türkçeden %23 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Fransız harfinin anlamsal değeri, bir İngiliz harfinin yaklaşık %77'sidir. Bunun anlamı, bu metinde Fransızca yer alan düşünceleri anlatmak için İngilizceden %23 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Alman harfinin anlamsal değeri, bir İngiliz harfinin yaklaşık %79'udur. Bunun anlamı, bu metinde Almanca yer alan düşünceleri anlatmak için İngilizceden %21 daha fazla harfe gerek var.

- Bir İspanyol harfinin anlamsal değeri, bir İngiliz harfinin yaklaşık %84'üdür. Bunun anlamı, bu metinde İspanyolca yer alan düşünceleri anlatmak için İngilizceden %16 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Rus harfinin anlamsal değeri, bir İngiliz harfinin yaklaşık %70'idir. Başka bir deyişle, bu metinde Rusça yer alan düşünceleri anlatmak için İngilizceden %30 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Fransız harfinin anlamsal değeri, bir Alman harfinin yaklaşık %97'sidir. Bunun anlamı, Fransızca bu metinde yer alan düşünceleri anlatmak için Almacadan %3 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Fransız harfinin anlamsal değeri, bir İspanyol harfinin yaklaşık %91'idir. Bunun anlamı, bu metinde Fransızca yer alan düşünceleri anlatmak için İspanyolcadan %9 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Rus harfinin anlamsal değeri, bir Fransız harfinin yaklaşık %91.5'idir. Diğer bir deyişle, bu metinde Rusça yer alan düşünceleri anlatmak için Fransızcadan %8.5 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Alman harfinin anlamsal değeri, bir İspanyol harfinin yaklaşık %94'üdür. Bunun anlamı, bu metinde Almanca yer alan düşünceleri anlatmak için İspanyolcadan %6 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Rus harfinin anlamsal değeri, bir Alman harfinin yaklaşık %89'dur. Bunun anlamı, bu metinde Rusça yer alan düşünceleri anlatmak için Türkçeden %11 daha fazla harfe gerek var.

- Bir Rus harfinin anlamsal değeri, bir İspanyol harfinin yaklaşık %83'dür. Başka bir ifadeyle, bu metinde Rusça yer alan düşünceleri anlatmak için İspanyolcadan %17 daha fazla harfe gerek var.

Elde edilen sonuçlara göre bu metindeki düşünceleri anlatmak için Fransızca ve Almanca yaklaşık olarak yakın sayılarda harf kullanmışlardır. Türkçe sadece İngilizceden daha fazla harf kullanırken Fransızca, Almanca, İspanyolca ve Rusçadan daha az harf kullanmıştır. Rusça ele alınan tüm dillerden daha fazla harf kullanmaya ihtiyaç duymuştur. En az harf kullanarak bu metindeki düşünceleri anlatan birinci dil İngilizce, ikinci dil Türkçe olmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektronik sayısal sistemlerde, her ayırtedilebilen özellik ikili bir kodla gösterilebilir. Günümüzdeki bilgisayar sistemi de temelinde adi (sabit uzunluklu) kod olan ASCII kodlarını kullanmaktadır. Bilgisayarın klavyesinde kayıtlı karakterlerin tümüne karşılık bir ASCII kodu mevcuttur. Dolayısıyla, günümüzde insanoğlu bilgisayarlar sayesinde dünyanın her bir yanı ile iletişimde bulunmayı ve her bilgiye anında ulaşmayı ikili kodlara borçludur.

Adi kodların elde edilmesinde kullanılan Adi Kodlama Metodunun yanısıra bu tezde, Shannon Kodlama Metodu, Shannon-Fano Kodlama Metodu, Geliştirilmiş Fano Kodlama Metodu ve Shannon-Fano-Elias Kodlama Metodları ele alınmıştır. Bu kodlama teknikleri içerisinde en optimal kodlamayı sağlayan kodlama metodunun bulunması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik, bu kodlama teknikleri kullanılarak Türk, İngiliz, Alman, Fransız, İspanyol ve Rus dilleri için uygulamalar yapılmıştır. Bu uygulamaların temelinde söz konusu dillerin kullandıkları alfabeler ele alınmıştır. Bu alfabelere ilişkin olasılıklar literatürden elde edilmiştir. Literatürde İngiliz diline dair çok sayıda istatistiksel çalışmalar olmasına rağmen Türk diline ait istatistiksel çalışmalar bu tezin 1. Bölüm'ünde bahsedilenlerle sınırlıdır. Bu sebepten dolayı, ele alınan bu tezde bu sınırın aşılması, Türk diline dair istatistiksel bilgilerin genişletilmesi ve Türk dilinin diğer diller arasındaki yerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Bu tezi diğer çalışmalardan ayıran temel unsur, bilgi kavramıdır. Türk, İngiliz, Alman, Fransız, İspanyol ve Rus dillerinin her biri ayrı ayrı baz alınarak söz konusu kodlama metodlarının her birini yine ayrı ayrı uygulanması sonucunda ikili kodlar elde edilmiştir. Bu tezde daha önceden de belirtildiği gibi özellikle tespit edilmek istenen konu, kodlama metodlarının hangisinin en az sembol kullanarak kodlamayı gerçekleştirdiği, başka bir deyişle hangi kodlama metodunun optimal olduğunun belirlenmesidir. Bu konunun aydınlığa kavuşması için entropi ve bilgi teorisi dayanarak, elde edilen ikili kodların sembol başına taşıdıkları

informasyon miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara ilişkin karşılaştırmaların yapılması sonucunda, ele alınan kodlama teknikleri içerisinde Huffman Kodlama Metodu ele alınan tüm diller için optimal kodlamayı gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Bu tezde elde edilen bu sonucun anlamı; günümüzdeki bilgisayarlarda Adi Kodlama Metodu ile elde edilen ASCII kodlarının yerine Huffman kodları kullanılırsa çok daha hızlı ve ekonomik bilgi alış verişinin yapılabileceğidir. Başka bir deyişle, Huffman kodlarının kullanımı ile bellek hafızası belli olan bir bilgisayarda daha kısa sürede daha fazla bilgi depolanabilir ya da kapasitesi belli olan bir CD ya da diskete daha fazla bilgi kaydedilebilir. Kısaca, Huffman kodları kullanarak bilgilerin kaydedilmesi için ayrılan alan, ASCII kodlarına göre çok daha küçük olacaktır. Dolayısıyla, bu tezde Huffman Kodlama Metodu ile elde edilen ikili kodların geleceğin bilgisayar teknolojisinde kullanımı önerilmiştir.

Bu tezde optimal kodlama metodunun tespit edilmesinin yanı sıra optimal dilin de tespit edilmesi araştırma konusu olmuştur. Bu amaçla, aynı bir düşüncenin anlatıldığı orijinali İngilizce olan bir metnin Türkçe, Almanca, Fransızca, Rusça ve İspanyolca çevirileri ele alınmıştır. Ele alınan metindeki düşünceleri en az sembol (harf) kullanarak ifade eden dil entropi ve informasyon teorisine dayanarak tespit edilmiştir. Bu tezin ikinci uygulamasında yapılan bu araştırmaya göre İngiliz Dili ele alınan diğer dillere göre daha optimal olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda bu araştırmada, Türk dilinin ikinci optimal dil olduğu sonucuna varılmıştır. Bu tezde elde edilen bu sonucun anlamını bir örnekle ifade edilecek olunursa; internet üzerinden iletişimde bulunurken düşüncenin Türkçe yerine İngilizce ifade edilmesi aynı bilginin daha az harfle ifade edilmesidir, böylece aynı bilginin daha küçük kapasite ile aktarılmasıdır. Başka bir deyişle, İngilizce gönderilen bir mail, kapasitesi belli olan mail kutusunda Türkçe gönderilenlere göre daha az yer kaplayacaktır. Dolayısıyla, İngilizce iletişim daha ekonomik olabilecektir. Bu tezin 4.2 Bölüm'ünde elde edilen bu sonuçlara göre küreselleşen dünya da bilim dili olarak İngilizcenin seçilmesinin anlamlılığı kuvvetlenebilmektedir. Diğer yandan, İngilizce dışındaki dillere de haksızlık etmemek gerek. Çünkü bu tezde, orijinali İngilizce olan bir metin

ve bu metin üzerinden yapılan çeviriler ele alınmıştır. Orijinali başka bir dilde olan bir metin üzerinde çalışılırsa sonuçlar değişebilir. Dolayısıyla dillerin kodlama türü olarak optimalliğinin daha saydam belirlenebilmesi için daha genel bir çalışma yapılabilir. Ayrıca, bu tezde elde edilen sonuçlara dayanarak, bilgisayar sisteminin temelinde ASCII kodlarının yerine Huffman kodlarının baz alınması önerilebilir. Böylece bu tezde elde edilen sonuçların kullanımı ile hızla ilerlemekte olan bilgisayar teknolojisinin hızına hız katılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] DALKILIÇ M. E. ve DALKILIÇ G., *Basılı Türkçenin Bazı İstatistiksel Özellikleri*, İstatistik Araştırma Dergisi, **1(1)**, 113-130 (2002).
- [2] DALKILIÇ G., ÇEBİ Y., *Türkçe Külliyat Oluşturulması ve Türkçe Metinlerde Kullanılan Kelimelerin Uzunluk Dağılımlarının Belirlenmesi*, DEÜ Müh. Fak. Fen ve Müh. Dergisi, **5(1)**, 1-7, (2003).
- [3] PIERCE, J., *Türkçe Kelime Sayımı – A Frequency Count of Turkish Words*, Milli Eğitim Bakanlığı Yayın Müdürlüğü, Ankara, (1963).
- [4] PIERCE, J., *A Frequency Count of Turkish Words*, American Council of Learned Societies (rapor), (1963).
- [5] ATLI, E., *Yazılı Türkçede Bazı Enformatik Bulgular*, Uygulamalı Bilimlerde Sayısal Elektronik Hesap Makinalarının Kullanılması, TBTK, Ankara, 409-425 (1972).
- [6] TÖRECİ, E., *Statistical Investigation on the Turkish Language Using Digital Computers*, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü, Ankara, (1974).
- [7] GÖNENÇ, G., *Doğal Diller Alanında Bilgisayar Kullanımı*, Bilişim'76 Bildiriler, Türkiye Bilişim Derneği Yayınları, **3(28.1-28.10)**, (1976).
- [8] TÖRECİ, E., *Özdevimsel Olarak Türetilen Türkçe Metin Örnekleri*, Bilişim'78 Bildiriler, 166-174, Ankara, (1978).
- [9] TRETIAKOFF, A., *Exemples d'utilisation d'un Ordinateur Pour l'etude d'un Texte*, TDK Bilimsel Kongresi, Ankara, (1972).
- [10] TRETIAKOFF, A., *Analyse des Correlations de deux Caracteres Consecutifs, Application a la recherche de l'harmonie Vocalique en turc et en uzbek*, Rapport 69, Dept. de Calcul Electronique, Commissariat a l'energie Atomique, Fransa (1969).

- [11] TRETIAKOFF, A., *Classement des Voyelles par une Critere d'information maximum*, Rapport 73, Dep. De Calcul Electronique, Commissariat a l'energie atomique, Fransa (1973).
- [12] TRETIAKOFF, A., *Comparaison des lois de succession des voyelles en uzbek et en tadjik*, Zeitschrift für Phonetik, Sprachwissenschaft und Kommunikationsforschung, **25**, Sayı 1-2, 85-94, (1972).
- [13] GÖNENÇ, G., *Türkçede Ses Uyumunun Bilgisayarla Değerlendirilmesi ve Markoff Süreci Olarak İncelenmesi*, TBTK 5. Bilim Kongresi, İstanbul, (1975).
- [14] GÖNENÇ, G., *Bağlayıcı Koşullu Kodların Birik Çözülebilme Özellikleri ve Türkçenin Hece Yapısına Uygulanması*, TBTK 4. Bilim Kongresi, Ankara, (1973).
- [15] GÖNENÇ, G., *Türkçe ABECE için "En iyi" Kodlar*, 3. Ulusal Bilişim Kurultayı, Bilişim'80 Bildiriler, Türkiye Bilişim Derneği Yayınları, **6**, Ankara, Sf:73-75, (1980).
- [16] GÖKSU, T. ve ERTAUL, L., *Yer Değiştirmeli, Aktarmalı ve Dizi Şifreleyiciler için Türkçe'nin Yapısal Özelliklerini Kullanan bir Kriptoanaliz*, BAS'98, III. Bilgisayar Ağları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Dokuz Eylül Üniversitesi, Bornova, (1998).
- [17] YAGLOM, A. M. ve YAGLOM, İ. M. (çeviren: Lütfi Biran), *İhtimaliyet ve İnfomasyon*, Türk Matematik Derneği Yayınları, (1966).
- [18] RAMAKRISHNA, B. S. ve SUBRAMANIAN, R., *Relative Efficiency of English and German Language for Communication of Semantic Content*, IRE (IEEE) Transactions on Information Theory; IT-4, **3**, 127-129, (1958).
- [19] БЕИЦЕЛЬ, Е. С., *Теория Вероятностей*, Москва, (1969).
- [20] RUEDA, L. G. ve OOMMEN B. J., *A Nearly-Optimal Fano-Based Coding Algorithm*, Information Processing and Management, **40**, 257-268, (2004).
- [21] HANKERSON, D., HARRIS, G. A. ve JOHNSON, P. D., *Introduction to information theory and data compression*, Jr. – 2nd ed. – Boca Raton, Fla.: Chapman & Hall/CRC Press, (2003).

- [22] COVER, T. M. ve THOMAS, J. A., *Elements of Information Theory*, John Wiley & Sons, Inc, USA, (1991).
- [23] KAPUR, J. N. ve KESAVAN, H. K., *Entropy Optimization Principles with Applications*, Academic Press, Inc., USA, (1992).
- [24] WU, N., *The Maximum Entropy Method*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, (1997).
- [25] KULLBACK, S., *Information Theory and Statistics*, Dover Publications, Inc. Mineola, New York, (1997).
- [26] ROMAN, S., *Introduction to Coding and Information Theory*, Springer-Verlag, New York, (1997)
- [27] SHANNON, C. E., *A Mathematical Theory of Communication*, Bell System Tech. J. **27**, 379-423, 623-656, (1948).
- [28] ŞAMİLOV, A., *Entropi ve İnfomasyon Teorisi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Ders Notları, Eskişehir, (2004).
- [29] PRATT, F., *Secret and Urgent: the Story of Codes and Ciphers*, Blue Ribbon Books, (1939).
- [30] STEPHENS, D. ve ark., www.santacruzpl.org/readyref/files/g-l/ltfrqfr.shtml, Santa Cruz Public Libraries, California, (2002).
- [31] STEPHENS, D. ve ark., www.santacruzpl.org/readyref/files/gl/ltfrqger.shtml, Santa Cruz Public Libraries, California, (2002).
- [32] STEPHENS, D. ve ark., <http://www.santacruzpl.org/readyref/files/g-l/ltfrqsp.shtml>, Santa Cruz Public Libraries, California, (2002).
- [33] PHAMDO, N., <http://diwww.epfl.ch/mantra/CoursINFOII/Web/compression/english.html>, State University of New York, (2001).
- [34] DTI, <http://www.dti.gov.uk/energy/whitepaper/index.shtml>, Crown Copyright, (2003).

EK 1. Türkçe, İngilizce, Rusça, Almanca, Fransızca ve İspanyolca Dilleri için Adi Kodlar

İspanyol Dili için Adi Kodlar		Alman Dili için Adi Kodlar		Fransız Dili için Adi Kodlar		İngiliz Dili için Adi Kodlar		İng. Fr. Alm. İsp. Alfabetesi		Rus Dili için Adi Kodlar		Rus Alfabetesi		Türk Dili için Adi Kodlar		Türk Alfabetesi	
No		No		No		No		No		No		No		No		No	
0	00000	0	00000	0	00000	0	00000	A	A	0	00000	A	A	0	00000	A	A
1	00001	1	00001	1	00001	1	00001	B	B	1	00001	B	Б	1	00001	B	B
2	00010	2	00010	2	00010	2	00010	C	C	2	00010	B	В	2	00010	C	C
3	00011	3	00011	3	00011	3	00011	D	D	3	00011	Г	Г	3	00011	Ç	Ç
4	00100	4	00100	4	00100	4	00100	E	E	4	00100	Д	Д	4	00100	Đ	Đ
5	00101	5	00101	5	00101	5	00101	F	F	5	00101	Е	Е	5	00101	E	E
6	00110	6	00110	6	00110	6	00110	G	G	6	00110	Ж	Ж	6	00110	F	F
7	00111	7	00111	7	00111	7	00111	H	H	7	00111	З	З	7	00111	G	G
8	01000	8	01000	8	01000	8	01000	I	I	8	01000	И	И	8	01000	Ğ	Ğ
9	01001	9	01001	9	01001	9	01001	J	J	9	01001	Й	Й	9	01001	H	H
10	01010	10	01010	10	01010	10	01010	K	K	10	01010	К	К	10	01010	I	I
11	01011	11	01011	11	01011	11	01011	L	L	11	01011	Л	Л	11	01011	İ	İ
12	01100	12	01100	12	01100	12	01100	M	M	12	01100	М	М	12	01100	J	J
13	01101	13	01101	13	01101	13	01101	N	N	13	01101	Н	Н	13	01101	K	K
14	01110	14	01110	14	01110	14	01110	O	O	14	01110	О	О	14	01110	L	L
15	01111	15	01111	15	01111	15	01111	P	P	15	01111	П	П	15	01111	M	M
16	10000	16	10000	16	10000	16	10000	Q	Q	16	10000	Р	Р	16	10000	N	N
17	10001	17	10001	17	10001	17	10001	R	R	17	10001	С	С	17	10001	Ö	Ö
18	10010	18	10010	18	10010	18	10010	S	S	18	10010	Т	Т	18	10010	P	P
19	10011	19	10011	19	10011	19	10011	T	T	19	10011	У	У	19	10011	R	R
20	10100	20	10100	20	10100	20	10100	U	U	20	10100	Ф	Ф	20	10100	S	S
21	10101	21	10101	21	10101	21	10101	V	V	21	10101	Х	Х	21	10101	T	T
22	10110	22	10110	22	10110	22	10110	W	W	22	10110	Ц	Ц	22	10110	S	S
23	10111	23	10111	23	10111	23	10111	X	X	23	10111	Ч	Ч	23	10111	T	T
24	11000	24	11000	24	11000	24	11000	Y	Y	24	11000	Ш	Ш	24	11000	U	U
25	11001	25	11001	25	11001	25	11001	Z	Z	25	11001	Щ	Щ	25	11001	Ü	Ü
26	11010	26	11010	26	11010	26	11010	#	#	26	11010	Ъ(Ь)	Ъ(Ь)	26	11010	V	V
27	11011	27	11011	27	11011	27	11011			27	11011	Ы	Ы	27	11011	Y	Y
28	11100	28	11100	28	11100	28	11100			28	11100	Э	Э	28	11100	Z	Z
29	11101	29	11101	29	11101	29	11101			29	11101	Ю	Ю	29	11101	#	#
		30	11110			30	11110					Я	Я				
		31	11111			31	11111					#	#				

EK 2. Türkçe, İngilizce ve Rusça Dilleri için Shannon Kodları

S _{Türkçe}	P _i	F _i	L _i	Türk Dili için Shannon Kodları	S _{İngilizce}	P _i	F _i	L _i	İngiliz Dili için Shannon Kodları	S _{Rus}	P _i	F _i	L _i	Rus Dili için Shannon Kodları
#	0.1329	0	3	000	#	0.191818	0	3	000	#	0.145	0	3	000
A	0.1026	0.1329	4	0010	E	0.104144	0.191818	4	0011	О	0.095	0.145	4	0010
E	0.0782	0.2355	4	0011	T	0.072936	0.295962	4	0100	E	0.074	0.24	4	0011
İ	0.0723	0.3137	4	0101	A	0.065174	0.368898	4	0101	A	0.064	0.314	4	0101
N	0.0633	0.3860	4	0110	O	0.05963	0.434072	5	01101	И	0.064	0.378	4	0110
R	0.0604	0.4493	5	01110	N	0.056451	0.490523	5	01111	T	0.056	0.442	5	01110
L	0.0530	0.5097	5	10000	I	0.055809	0.546974	5	10001	H	0.056	0.498	5	01111
I	0.0444	0.5627	5	10010	S	0.051576	0.602783	5	10011	C	0.047	0.554	5	10001
K	0.0407	0.6071	5	10011	R	0.049756	0.654359	5	10100	P	0.041	0.601	5	10011
D	0.0400	0.6478	5	10100	H	0.049289	0.704115	5	10110	B	0.039	0.642	5	10100
M	0.0320	0.6878	5	10110	D	0.034984	0.753404	5	11000	Л	0.036	0.681	5	10101
Y	0.0295	0.7198	6	101110	L	0.033149	0.788388	5	11001	K	0.029	0.717	6	101101
T	0.0287	0.7493	6	101111	U	0.022513	0.821537	6	110100	M	0.026	0.746	6	101111
U	0.0284	0.7780	6	110001	C	0.021734	0.84405	6	110110	Д	0.026	0.772	6	110001
S	0.0264	0.8064	6	110011	M	0.020212	0.865784	6	110111	П	0.024	0.798	6	110011
B	0.0237	0.8328	6	110101	F	0.019788	0.885996	6	111000	У	0.021	0.822	6	110100
O	0.0214	0.8565	6	110110	W	0.017127	0.905784	6	111001	Я	0.019	0.843	6	110101
Ü	0.0171	0.8779	6	111000	G	0.015861	0.922911	6	111011	Ы	0.016	0.862	6	110111
Ş	0.0157	0.8950	6	111001	Y	0.014598	0.938772	7	1111000	З	0.015	0.878	7	1110000
Z	0.0130	0.9107	7	1110100	P	0.013765	0.95337	7	1111010	Ь(ь)	0.015	0.893	7	1110010
G	0.0114	0.9237	7	1110110	B	0.012425	0.967135	7	1111011	Б	0.015	0.908	7	1110100
Ç	0.0102	0.9351	7	1110111	V	0.00829	0.97956	7	1111101	Г	0.014	0.923	7	1110110
H	0.0096	0.9453	7	1111000	K	0.005053	0.98785	8	11111100	Ч	0.013	0.937	7	1110111
Ğ	0.0092	0.9549	7	1111010	X	0.001369	0.992903	10	1111111000	Й	0.010	0.95	7	1111001
V	0.0087	0.9641	7	1111011	J	0.000903	0.994272	11	11111110100	Х	0.009	0.96	7	1111010
C	0.0084	0.9728	7	1111100	Q	0.000864	0.995175	11	11111110110	Ж	0.008	0.969	7	1111100
Ö	0.0074	0.9812	8	11111011	Z	0.000784	0.996039	11	11111110111	Ю	0.007	0.977	8	11111010
P	0.0073	0.9886	8	11111101						Ш	0.006	0.984	8	11111011
F	0.0038	0.9959	9	111111101						Щ	0.004	0.99	8	11111101
J	0.0003	0.9997	12	11111111110						Щ	0.003	0.994	9	111111100
										Э	0.003	0.997	9	111111110
										Ф	0.002	1.00	9	111111111

EK 3. Almanca, Fransızca ve İspanyolca Dilleri için Shannon Kodları

İspanyol Dili için Shannon Kodları	L_i	F_i	P_i	İspanyol	Fransız Dili için Shannon Kodları	L_i	F_i	P_i	Fransız	Alman Dili için Shannon Kodları	L_i	F_i	P_i	Alman
000	3	0	0.13676	E	000	3	0	0.17564	E	000	3	0	0.16693	E
001	3	0.13676	0.12529	A	0010	4	0.08147	0.17564	A	0010	4	0.09905	0.16693	N
0100	4	0.26205	0.08684	O	0100	4	0.08013	0.25711	S	0100	4	0.07812	0.26598	I
0101	4	0.34889	0.0798	S	0101	4	0.07559	0.33724	I	0101	4	0.06765	0.3441	S
0110	4	0.42869	0.06873	R	0110	4	0.07353	0.41283	T	0110	4	0.06742	0.41175	T
0111	4	0.49742	0.06712	N	0111	4	0.07322	0.48636	N	0111	4	0.06539	0.47917	R
10010	5	0.56454	0.06249	I	1000	4	0.06291	0.55958	R	1000	4	0.06506	0.54456	A
10100	5	0.62703	0.05856	D	10011	5	0.05991	0.62249	U	10011	5	0.05414	0.60962	D
10101	5	0.68559	0.04971	L	10101	5	0.05783	0.6824	L	10101	5	0.04064	0.66376	H
10111	5	0.7353	0.04679	C	10111	5	0.05289	0.74023	O	10110	5	0.03703	0.7044	U
11001	5	0.78209	0.04629	T	11001	5	0.04125	0.79312	D	10111	5	0.03647	0.74143	G
11010	5	0.82838	0.03934	U	110101	6	0.03063	0.83437	C	110001	6	0.03005	0.7779	M
11011	5	0.86772	0.0315	M	110111	6	0.02990	0.865	M	110011	6	0.02837	0.80795	C
111001	6	0.89922	0.02505	P	111001	6	0.02980	0.8949	P	110101	6	0.02825	0.83632	L
1110110	7	0.92427	0.0142	B	1110110	7	0.01557	0.9247	V	110111	6	0.02566	0.86457	B
1111000	7	0.93847	0.01006	G	1111000	7	0.01361	0.94027	Q	111000	6	0.02285	0.89023	O
1111001	7	0.94853	0.00895	Y	1111010	7	0.01051	0.95388	G	111010	6	0.02044	0.91308	F
1111010	7	0.95748	0.00895	V	1111011	7	0.00959	0.96439	F	111011	6	0.01879	0.93352	K
1111011	7	0.96643	0.00875	Q	1111100	7	0.00876	0.97398	B	1111001	7	0.01396	0.95231	W
11111001	8	0.97518	0.00704	H	11111011	8	0.00721	0.98274	H	1111011	7	0.01069	0.96627	V
11111011	8	0.98222	0.00694	F	11111101	8	0.00598	0.98995	J	1111101	7	0.01002	0.97696	Z
11111101	8	0.98916	0.00523	Z	111111101	9	0.00350	0.99593	X	1111110	7	0.00944	0.98698	P
11111110	8	0.99439	0.00443	J	1111111111	10	0.00116	0.99943	Y	1111111100	10	0.00191	0.99642	J
1111111111	9	0.99882	0.00221	X	00000000001	11	0.00072	1.00059	Z	111111111100	11	0.00055	0.99833	Q
0000000001000	13	1.00103	0.00023	W	000000000101	12	0.00041	1.00131	K	1111111111011	12	0.00032	0.99888	Y
000000000101001	15	1.00126	0.00004	K	0000000001110	13	0.00020	1.00172	W	11111111111001	13	0.00022	0.9992	X

EK 4. Türk ve İngiliz Dilleri için Shannon-Fano Kodları

S _{türkçe}	P _i	L _i	Türkçe için Fano Kodları								Türkçe için Fano ⁺ Kodları	S _{İng}	P _i	L _i	İngilizce için Fano Kodları											İngilizce için Fano ⁺ Kodları									
			1	2	3	4	5	6	7	8					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11										
#	0.1329	3	0	0	0						000	#	0.191818	3	0	0	0																	000	
A	0.1026	3	0	0	1						001	E	0.104144	3	0	0	1																001		
E	0.0782	4	0	1	0	0					0100	T	0.072936	3	0	1	0																010		
İ	0.0723	4	0	1	0	1					0101	A	0.065174	4	0	1	1	0															0110		
N	0.0633	4	0	1	1	0					0110	O	0.05963	4	0	1	1	1															0111		
R	0.0604	4	0	1	1	1					0111	N	0.056451	4	1	0	0	0															1000		
L	0.0530	4	1	0	0	0					1000	I	0.055809	4	1	0	0	1															1001		
I	0.0444	4	1	0	0	1					1001	S	0.051576	4	1	0	1	0															1010		
K	0.0407	5	1	0	1	0	0				10100	R	0.049756	5	1	0	1	1	0														10110		
D	0.0400	5	1	0	1	0	1				10101	H	0.049289	5	1	0	1	1	1														10111		
M	0.0320	5	1	0	1	1	0				10110	D	0.034984	5	1	1	0	0	0															11000	
Y	0.0295	5	1	0	1	1	1				10111	L	0.033149	5	1	1	0	0	1															11001	
T	0.0287	5	1	1	0	0	0				11000	U	0.022513	5	1	1	0	1	0															11010	
S	0.0284	5	1	1	0	0	1				11001	C	0.021734	6	1	1	0	1	1	1													11100		
Ş	0.0264	5	1	1	0	1	0				11010	M	0.020212	6	1	1	0	1	1	0														110110	
B	0.0237	6	1	1	0	1	1	0			110110	F	0.019788	5	1	1	1	0	0															110111	
O	0.0214	6	1	1	0	1	1	1	0		110111	W	0.017127	6	1	1	1	0	1	0														111010	
Ü	0.0171	6	1	1	1	0	0	0			111000	G	0.015861	6	1	1	1	0	1	1														111011	
Ş	0.0157	6	1	1	1	0	0	1			111001	Y	0.014598	6	1	1	1	1	0	0														111100	
Z	0.0130	6	1	1	1	0	1	0			111010	P	0.013765	6	1	1	1	1	0	1														111101	
Ç	0.0114	6	1	1	1	0	1	1			111011	B	0.012425	6	1	1	1	1	1	0														111110	
G	0.0102	7	1	1	1	1	0	0	0		1111000	V	0.00829	7	1	1	1	1	1	1	0													1111110	
H	0.0096	7	1	1	1	1	0	0	1		1111001	K	0.005053	8	1	1	1	1	1	1	1	0												11111110	
Ğ	0.0092	7	1	1	1	1	0	1	0		1111010	X	0.001369	9	1	1	1	1	1	1	1	1	0											111111110	
V	0.0087	7	1	1	1	1	0	1	1		1111011	J	0.000903	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0										1111111110	
C	0.0084	7	1	1	1	1	1	0	0		1111100	Q	0.000861	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0								11111111110		
Ö	0.0074	7	1	1	1	1	1	0	1		1111101	Z	0.000784	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0							11111111111	
P	0.0073	7	1	1	1	1	1	1	0		1111110																								
F	0.0038	8	1	1	1	1	1	1	1		11111110																								
J	0.0003	8	1	1	1	1	1	1	1		11111111																								

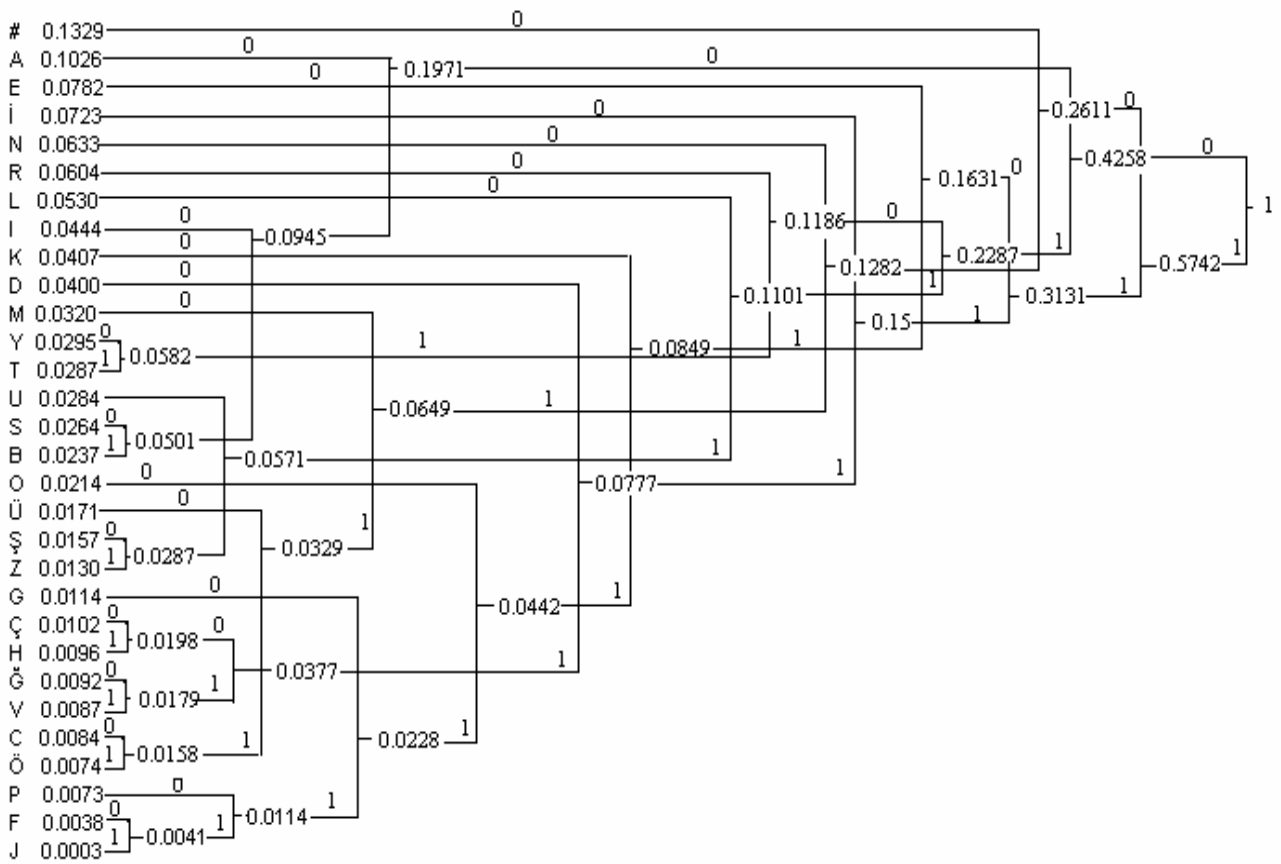
S _{rus}	P _i	L _i	Rus Dili için Shannon-Fano Kodları									Rus Dili için Fano ⁺ Kodları	S _{isp}	P _i	L _i	İspanyol Dili için Shannon-Fano Kodları										İspanyol Dili için Fano ⁺ Kodları		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
#	0.145	3	0	0	0						000	E	0.1367	3	0	0	0										000	
О	0.095	3	0	0	1						001	A	0.12529	3	0	0	1										001	
Е	0.074	4	0	1	0	0					0100	O	0.08684	3	0	1	0										010	
А	0.064	4	0	1	0	1					0101	S	0.0798	4	0	1	1	0									0110	
И	0.064	4	0	1	1	0					0110	R	0.06873	4	0	1	1	1									0111	
Т	0.056	4	0	1	1	1					0111	N	0.06712	4	1	0	0	0									1000	
Н	0.056	4	1	0	0	0					1000	I	0.06249	4	1	0	0	1									1001	
С	0.047	4	1	0	0	1					1001	D	0.05856	4	1	0	1	0									1010	
Р	0.041	5	1	0	1	0	0				10100	L	0.04971	4	1	0	1	1									1011	
В	0.039	5	1	0	1	0	1				10101	C	0.04679	5	1	1	0	0	0								11000	
Л	0.036	5	1	0	1	1	0				10110	T	0.04629	5	1	1	0	0	1								11001	
К	0.029	5	1	0	1	1	1				10111	U	0.03934	5	1	1	0	1	0								11010	
М	0.026	5	1	1	1	1	1				11000	M	0.0315	5	1	1	1	0	1	1							11011	
Д	0.026	6	1	1	0	0	0	0			11010	P	0.02505	5	1	1	1	0	1	1							11100	
П	0.024	6	1	1	0	0	1	1	0		110010	B	0.0142	6	1	1	1	1	0	1	0						111010	
У	0.021	5	1	1	1	0	1	1			110011	G	0.01006	6	1	1	1	1	0	1	1						111011	
Я	0.019	6	1	1	1	1	0	1	0		110110	Y	0.00895	6	1	1	1	1	0	1	1						111100	
Ы	0.016	6	1	1	1	0	1	1	0		110111	V	0.00895	7	1	1	1	1	0	0	0						1111010	
З	0.015	6	1	1	1	0	1	1	1		110111	Q	0.00875	7	1	1	1	1	0	1	0						1111011	
Ъ(Ь)	0.015	6	1	1	1	0	0	0	0		111000	H	0.00704	7	1	1	1	1	0	1	1						1111100	
Б	0.015	6	1	1	1	0	0	1	1		111001	F	0.00694	7	1	1	1	1	1	0	0						1111101	
Г	0.014	6	1	1	1	1	0	1	0		111010	Z	0.00523	7	1	1	1	1	1	0	1						1111110	
Ч	0.013	6	1	1	1	1	0	1	1		111011	J	0.00443	8	1	1	1	1	1	1	0						11111110	
Й	0.010	7	1	1	1	1	0	0	0		111100	X	0.00221	9	1	1	1	1	1	1	1	0					111111110	
Х	0.009	7	1	1	1	1	1	0	1	0	1111010	W	0.00023	10	1	1	1	1	1	1	1	1	0				1111111110	
Ж	0.008	7	1	1	1	1	1	0	1	1	1111011	K	0.00004	10	1	1	1	1	1	1	1	1	0				11111111110	
Ю	0.007	7	1	1	1	1	1	1	0	0	1111100																11111111111	
Ш	0.006	8	1	1	1	1	1	1	0	1	1111101																	
Щ	0.004	8	1	1	1	1	1	1	1	0	11111100																	
Щ	0.003	8	1	1	1	1	1	1	1	0	11111101																	
Э	0.003	9	1	1	1	1	1	1	1	1	11111110																	
Ф	0.002	9	1	1	1	1	1	1	1	1	111111110																	
			1	1	1	1	1	1	1	1	111111111																	

EK 5. Rus ve İspanyol Dilleri için Shannon-Fano Kodları

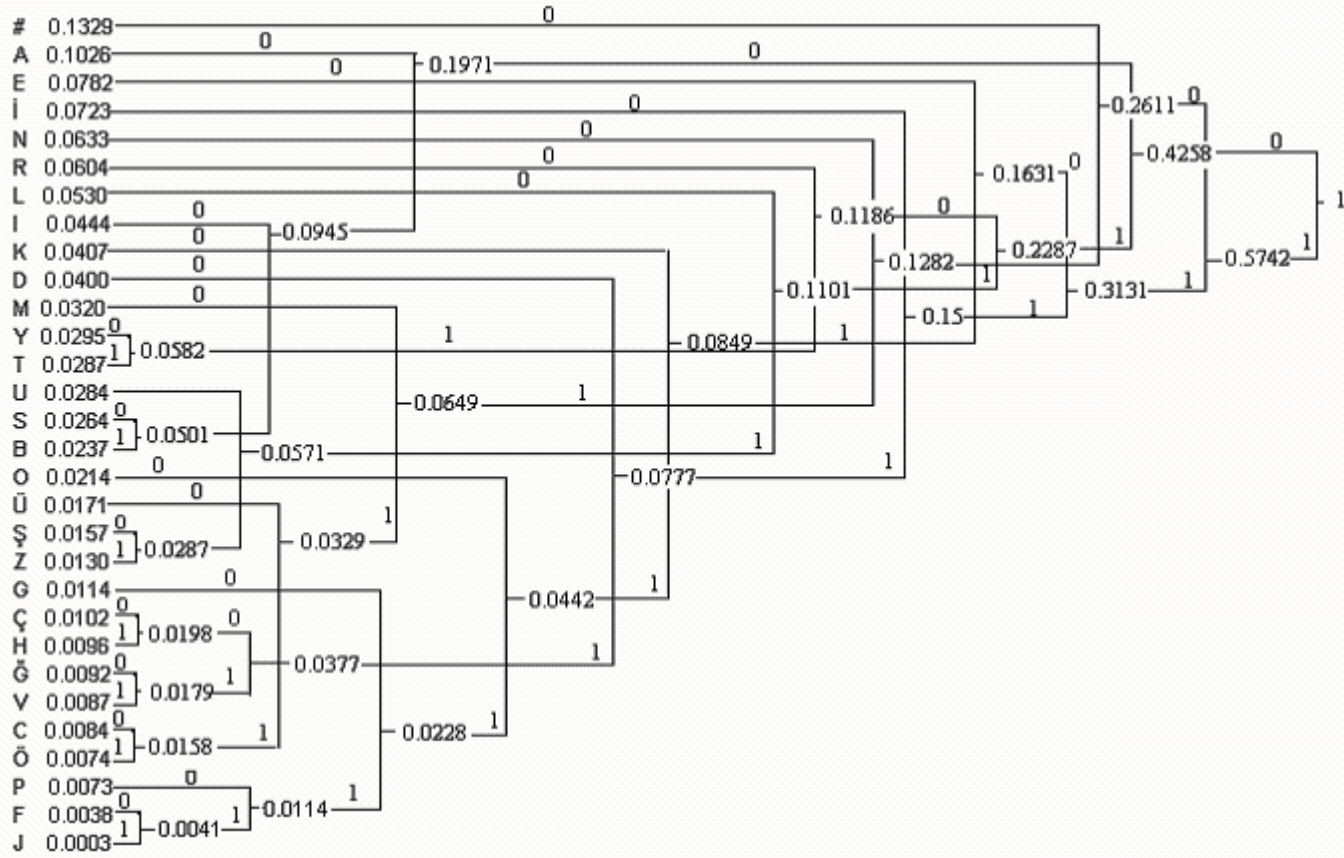
EK 6. Alman ve Fransız Dilleri için Shannon-Fano Kodları

S_{i_n}	P_i	L_i	Alman Dili için Shannon-Fano Kodları										Alman Dili için Fano+ Kodları	S_{i_r}	P_i	L_i	Fransız Dili için Shannon-Fano Kodları											Fransız Dili için Fano+ Kodları		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
E	0.18893	3	0	0	0								000	E	0.17564	3	0	0	0											000
N	0.09905	3	0	0	1								001	A	0.08147	3	0	0	1											001
I	0.07812	3	0	1	0								010	S	0.08013	3	0	1	0											010
S	0.06765	4	0	1	1	0							0110	I	0.07559	4	0	1	1	0										0110
T	0.06742	4	0	1	1	1							0111	T	0.07353	4	0	1	1	1										0111
R	0.06539	4	1	0	0	0							1000	N	0.07322	4	1	0	0	0										1000
A	0.06306	4	1	0	0	1							1001	R	0.06291	4	1	0	0	1										1001
D	0.05414	4	1	0	1	0							1010	U	0.05991	4	1	0	1	0										1010
H	0.04064	5	1	0	1	1	0						10110	L	0.05783	4	1	0	1	1										1011
U	0.03703	5	1	0	1	1	1						10111	O	0.05289	4	1	1	0	0										1100
G	0.03647	5	1	1	0	0	0						11000	D	0.04125	5	1	1	0	1	0									11010
M	0.03005	5	1	1	0	0	1						11001	C	0.03063	5	1	1	0	1	1									11011
C	0.02837	5	1	1	0	1	0						11010	M	0.02990	5	1	1	1	0	0									11100
L	0.02825	5	1	1	0	1	1						11011	P	0.02980	6	1	1	1	0	1	0								111010
B	0.02566	5	1	1	1	0	1						11100	V	0.01557	6	1	1	1	0	1	1								111011
O	0.02285	6	1	1	1	0	0						111010	Q	0.01361	6	1	1	1	1	0	0								111100
F	0.02044	6	1	1	1	0	1	0					111011	G	0.01051	7	1	1	1	1	0	1	0							1111010
K	0.01879	6	1	1	1	1	0	1					111100	F	0.00959	7	1	1	1	1	1	0	1	1						1111011
W	0.01396	6	1	1	1	1	0	0					111101	B	0.00876	7	1	1	1	1	1	0	0							1111100
V	0.01069	7	1	1	1	1	0	1					1111100	H	0.00721	7	1	1	1	1	1	0	1							1111101
Z	0.01002	7	1	1	1	1	1	0	0				1111101	J	0.00598	7	1	1	1	1	1	1	0							1111110
P	0.00944	7	1	1	1	1	1	0	1				1111110	X	0.00350	8	1	1	1	1	1	1	1	0						11111110
J	0.00191	8	1	1	1	1	1	1	0				11111110	Y	0.00116	9	1	1	1	1	1	1	1	1	0					111111110
Q	0.00055	9	1	1	1	1	1	1	1	0			111111110	Z	0.00072	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0				1111111110
Y	0.00032	10	1	1	1	1	1	1	1	1	0		1111111110	K	0.00041	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			11111111110
X	0.00022	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1111111111	W	0.00020	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11111111111

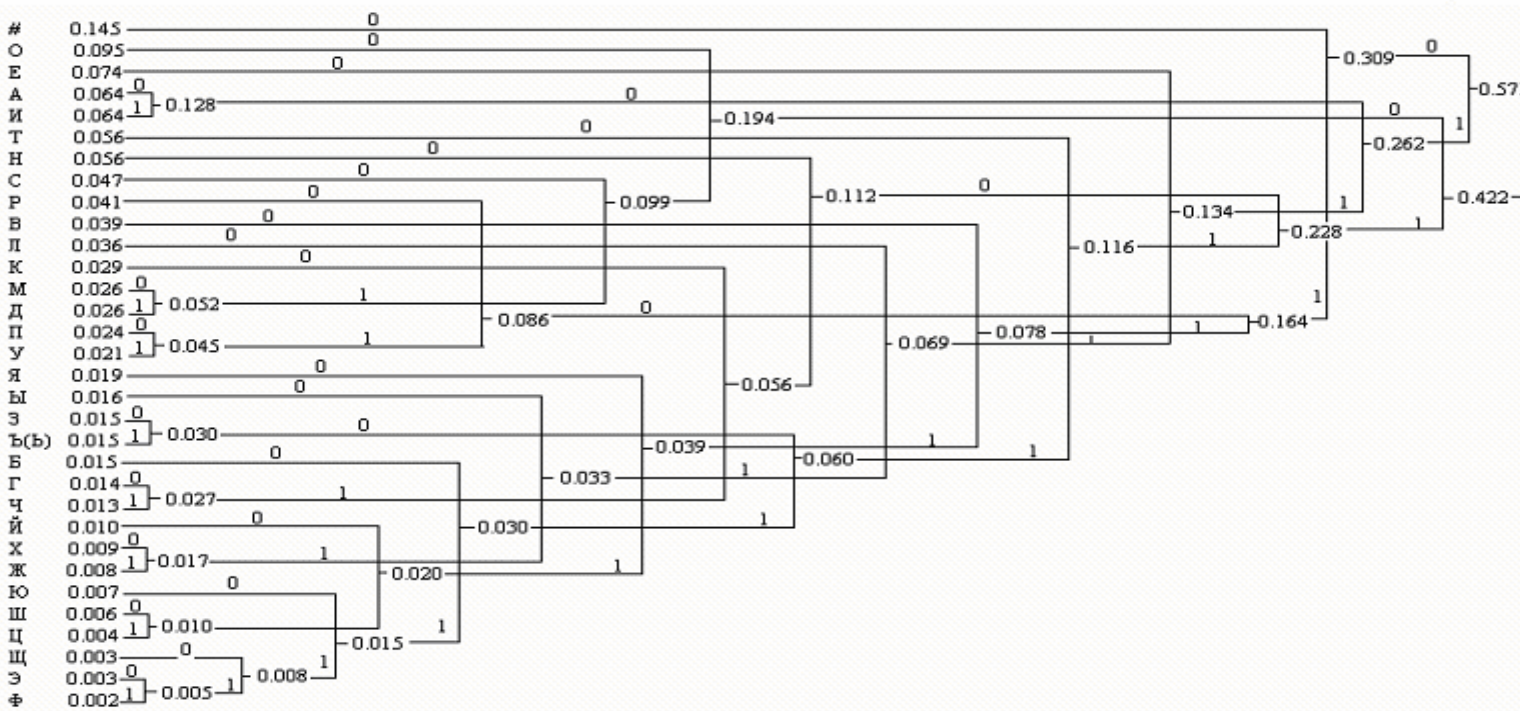
EK 7. Türk Dili için Huffman Kodlama Şeması



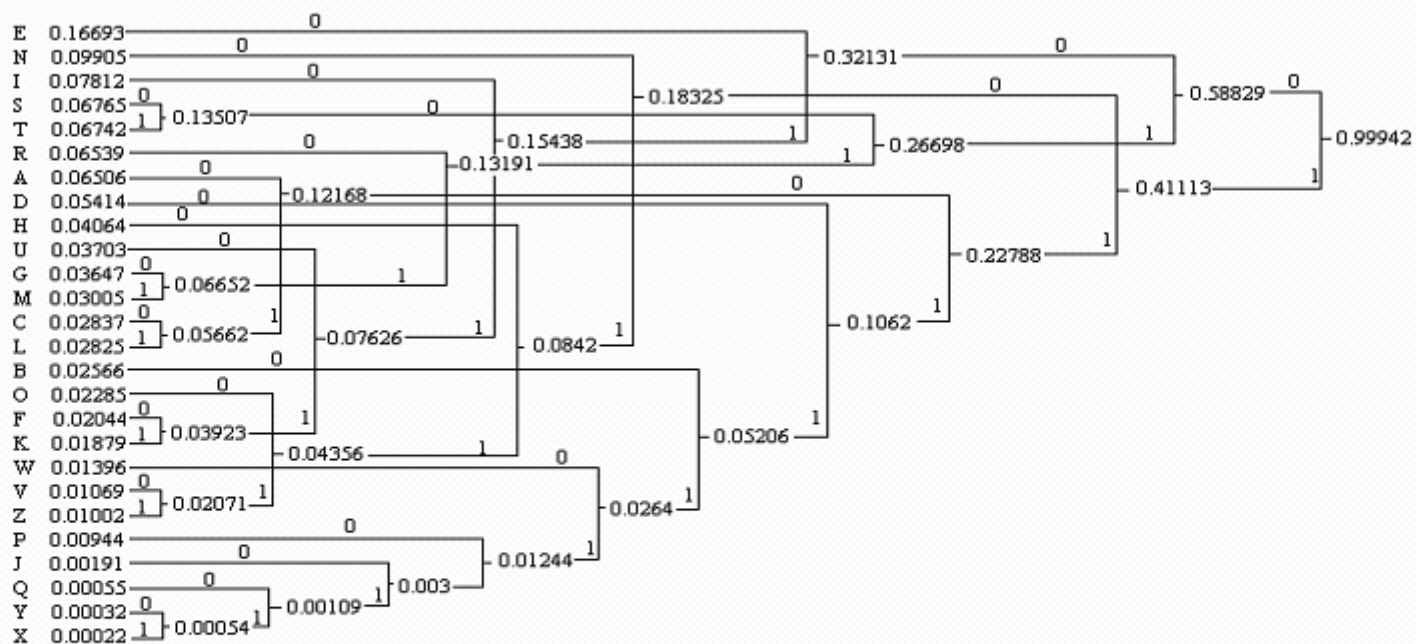
EK 8. İngiliz Dili için Huffman Kodlama Seması

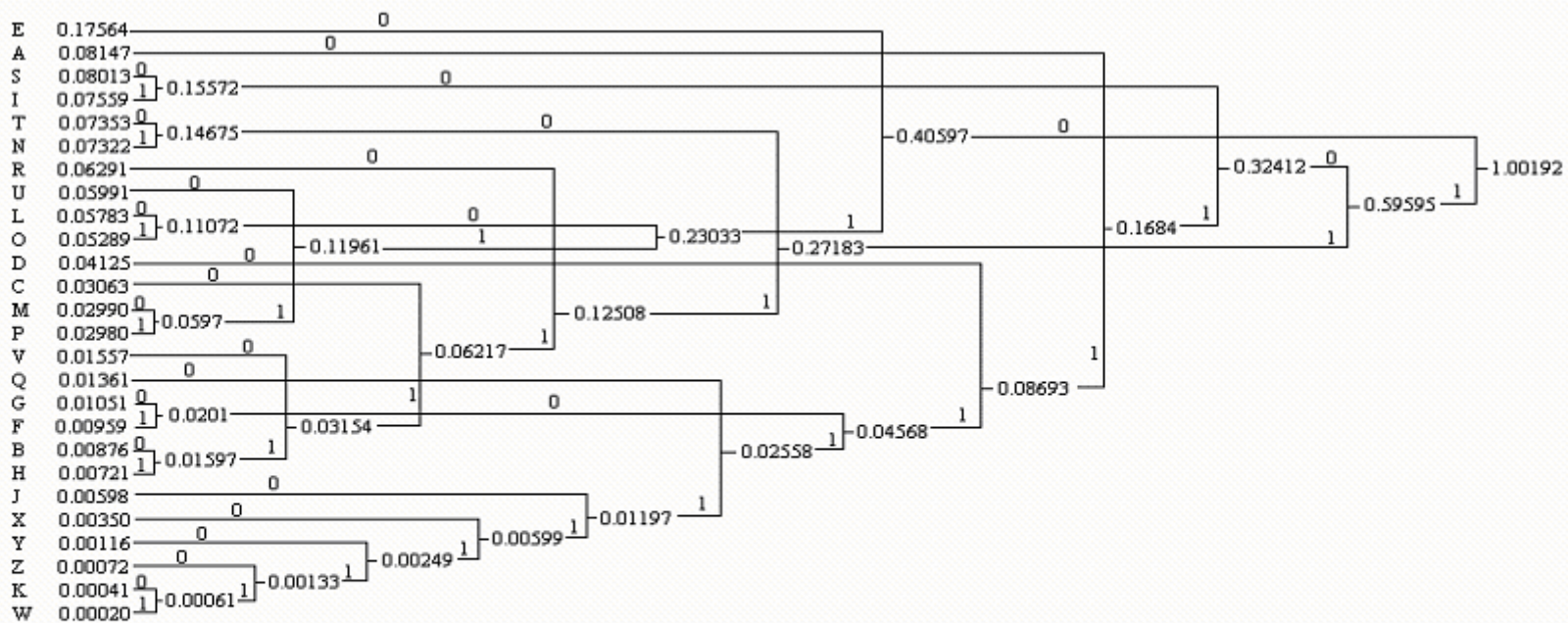


EK 9. Rus Dili için Huffman Kodlama Şeması

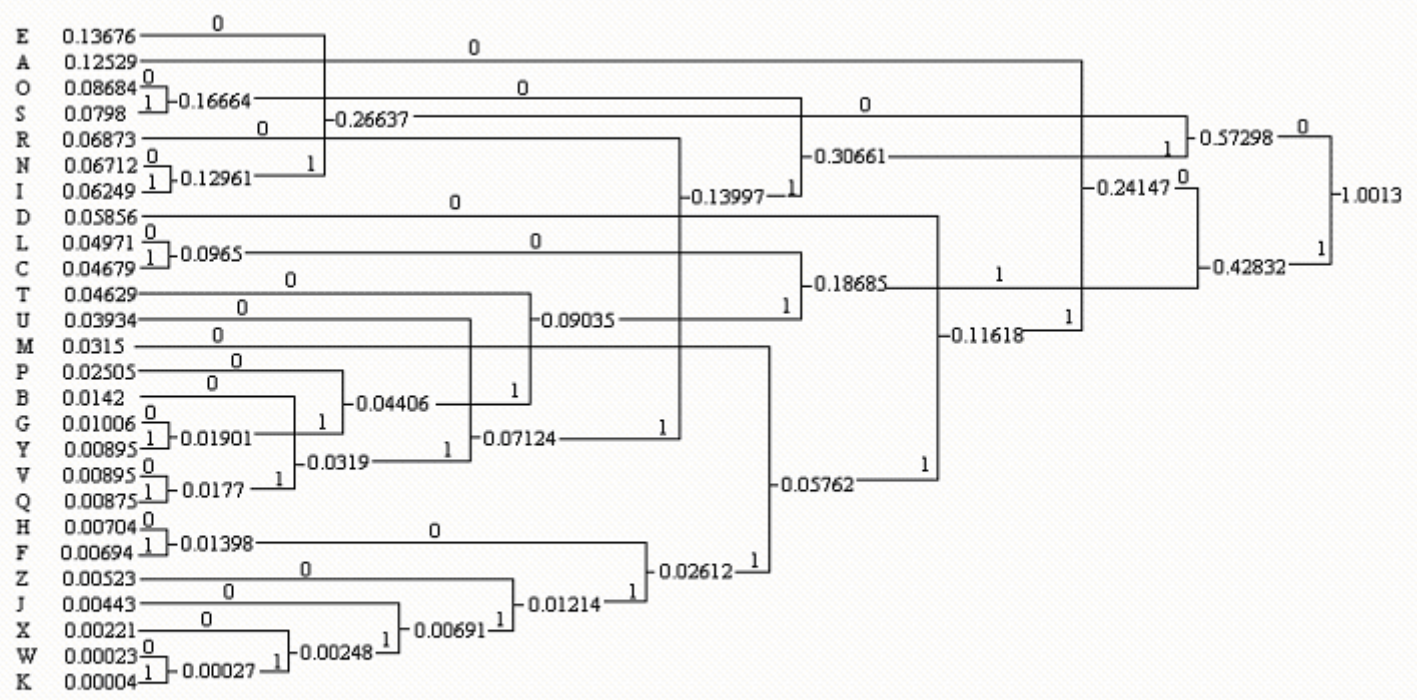


EK 10. Alman Dili için Huffman Kodlama Şeması





EK 12. İspanyol Dili için Huffman Kodlama Şeması



EK 13. Türkçe, Rusca ve İngilizce için Kurulan Huffman Kodları

Türkçe için Huffman Kodları			Rusca için Huffman Kodları			İngilizce için Huffman Kodları		
S _{Türkçe}	P	Huffman Kodu	S _{Rusca}	P	Huffman Kodu	S _{İngilizce}	P	Huffman Kodu
#	0.1329	001	#	0.145	000	#	0.191818	001
A	0.1026	000	O	0.095	001	E	0.104144	100
E	0.0782	0011	E	0.074	0110	T	0.072936	0101
İ	0.0723	0111	A	0.064	0010	A	0.065174	0011
N	0.0633	0101	H	0.064	1010	O	0.05963	0111
R	0.0604	0010	T	0.056	0111	N	0.056451	0000
L	0.0530	0110	H	0.056	0011	I	0.055809	1000
I	0.0444	0100	C	0.047	0101	S	0.051576	0010
K	0.0407	01011	P	0.041	00100	R	0.049756	1010
D	0.0400	01111	B	0.039	01100	H	0.049289	0110
M	0.0320	01101	Л	0.036	01110	D	0.034984	01101
Y	0.0295	01010	K	0.029	01011	L	0.033149	01011
T	0.0287	11010	M	0.026	01101	U	0.022513	01110
U	0.0284	01110	И	0.026	11101	C	0.021734	11110
S	0.0264	01100	П	0.024	010100	M	0.020212	011101
B	0.0237	11100	У	0.021	110100	F	0.019788	111101
O	0.0214	011011	Я	0.019	011100	W	0.017127	011011
Ü	0.0171	011101	Ы	0.016	011110	G	0.015861	001111
Ş	0.0157	011110	Э	0.015	001111	Y	0.014298	101111
Z	0.0130	111110	Ь(Ь)	0.015	101111	P	0.013765	011111
Ğ	0.0114	0111011	Е	0.015	011111	Б	0.012425	111111
Ç	0.0102	0011111	Г	0.014	011011	V	0.00829	0111011
H	0.0096	1011111	У	0.013	111011	K	0.005053	01111011
Ğ	0.0092	0111111	Й	0.010	0111100	X	0.001369	011111011
V	0.0087	1111111	X	0.009	0111110	J	0.000903	1011111011
C	0.0084	0111101	Ж	0.008	1111110	Q	0.000864	0111111011
Ö	0.0074	1111101	Ю	0.007	0111111	Z	0.000784	1111111011
P	0.0073	01111011	Ш	0.006	01111100			
F	0.0038	011111011	Ц	0.004	11111100			
J	0.0003	111111011	Ч	0.003	01111111			
			Э	0.003	011111111			
			Ф	0.002	111111111			

EK 14. Fransızca, Almanca ve İspanyolca için Kurulan Huffman Kodları

Fransızca için Huffman Kodları			Almanca için Huffman Kodları			İspanyolca için Huffman Kodları		
S _{fr}	P _i	Huffman Kodu	S _{alm}	P _i	Huffman Kodu	S _{isp}	P _i	Huffman Kodu
E	0.17564	00	E	0.16693	000	E	0.13676	000
A	0.08147	0101	N	0.09905	001	A	0.12529	001
S	0.08013	0001	I	0.07812	0100	O	0.08684	0010
I	0.07559	1001	S	0.06765	0010	S	0.0798	1010
T	0.07353	0011	T	0.06742	1010	R	0.06873	0110
N	0.07322	1011	R	0.06539	0110	N	0.06712	0100
R	0.06291	0111	A	0.06506	0011	I	0.06249	1100
U	0.05991	0110	D	0.05414	0111	D	0.05856	0101
L	0.05783	0010	H	0.04064	0101	L	0.04971	0011
O	0.05289	1010	U	0.03703	01100	C	0.04679	1011
D	0.04125	01101	G	0.03647	01110	T	0.04629	0111
C	0.03063	01111	M	0.03005	11110	U	0.03934	01110
M	0.02990	01110	C	0.02837	01011	M	0.0315	01101
P	0.02980	11110	L	0.02825	11011	P	0.02505	01111
V	0.01557	011111	B	0.02566	01111	B	0.0142	011110
Q	0.01361	0111101	O	0.02285	01101	G	0.01006	011111
G	0.01051	0011101	F	0.02044	011100	Y	0.00895	111111
F	0.00959	1011101	K	0.01879	111100	V	0.00895	0111110
B	0.00876	0111111	W	0.01396	011111	Q	0.00875	1111110
H	0.00721	1111111	V	0.01069	011101	H	0.00704	0011101
J	0.00598	01111101	Z	0.01002	111101	F	0.00694	1011101
X	0.00350	011111101	P	0.00944	0111111	Z	0.00523	0111101
Y	0.00116	0111111101	J	0.00191	01111111	J	0.00443	01111101
Z	0.00072	01111111101	Q	0.00055	011111111	X	0.00221	011111101
K	0.00041	011111111101	Y	0.00032	0111111111	W	0.00023	0111111101
W	0.00020	111111111101	X	0.00022	1111111111	K	0.00004	1111111101

EK 15. Türk ve İngiliz Dilleri için Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodları

Türkçe için S-F-E Kodları						İngilizce için S-F-E Kodları					
S _{türkçe}	P _i	F(s)	$\bar{F}(s)$	L _i	S-F-E Kodu	S _{ing}	P _i	F(s)	$\bar{F}(s)$	L _i	S-F-E Kodu
A	0.1026	0.1026	0.0513	5	00001	A	0.065174	0.065174	0.032587	5	00001
B	0.0237	0.1263	0.1145	7	0001110	B	0.012425	0.077599	0.0713865	8	00010010
C	0.0084	0.1347	0.1305	8	00100001	C	0.021734	0.099333	0.088466	7	0001011
Ç	0.0102	0.1449	0.1398	8	00100011	D	0.034984	0.134317	0.116825	6	000111
D	0.0400	0.1849	0.1649	6	001010	E	0.104144	0.238461	0.186389	5	00101
E	0.0782	0.2631	0.2240	5	00111	F	0.019788	0.258249	0.248355	7	0011111
F	0.0038	0.2669	0.2650	10	0100001111	G	0.015861	0.274110	0.2661795	7	0100010
G	0.0114	0.2783	0.2726	8	01000101	H	0.049289	0.323399	0.2987545	6	010011
Ğ	0.0092	0.2875	0.2829	8	01001000	I	0.055809	0.379208	0.3513035	6	010110
H	0.0096	0.2971	0.2923	8	01001010	J	0.000903	0.380111	0.3796595	12	011000010011
I	0.0444	0.3415	0.3193	6	010100	K	0.005053	0.385164	0.3826375	9	011000011
İ	0.0723	0.4138	0.3777	5	01100	L	0.033149	0.418313	0.4017385	6	011001
J	0.0003	0.4141	0.4140	13	0110100111111	M	0.020212	0.438525	0.428419	7	0110110
K	0.0407	0.4548	0.4345	6	011011	N	0.056451	0.494976	0.4667505	6	011101
L	0.0530	0.5078	0.4813	6	011110	O	0.059630	0.554606	0.524791	6	100001
M	0.0320	0.5398	0.5238	6	100001	P	0.013765	0.568371	0.5614885	8	10001111
N	0.0633	0.6031	0.5715	5	10010	Q	0.000861	0.569232	0.5688015	12	100100011001
O	0.0214	0.6245	0.6138	7	1001110	R	0.049756	0.618988	0.59411	6	100110
Ö	0.0074	0.6319	0.6282	9	101000001	S	0.051576	0.670564	0.644776	6	101001
P	0.0073	0.6392	0.6356	9	101000101	T	0.072936	0.7435	0.707032	5	10110
R	0.0604	0.6996	0.6694	6	101010	U	0.022513	0.766013	0.7547565	7	1100000
S	0.0264	0.726	0.7128	7	1011011	V	0.008290	0.774303	0.770158	8	11000101
Ş	0.0157	0.7417	0.7339	7	1011101	W	0.017127	0.79143	0.7828665	7	1100100
T	0.0287	0.7704	0.7561	7	1100000	X	0.001369	0.792799	0.7921145	11	110001010110
U	0.0284	0.7988	0.7846	7	1100100	Y	0.014598	0.807397	0.800098	8	11001100
Ü	0.0171	0.8159	0.8074	7	1100111	Z	0.000784	0.808181	0.807789	12	110011101100
V	0.0087	0.8246	0.8203	8	11010001	#	0.191818	0.999999	0.90409	4	1110
Y	0.0295	0.8541	0.8394	7	1101011						
Z	0.0130	0.8671	0.8606	8	11011100						
#	0.1329	1.0000	0.9336	4	1110						

Rusça için S-F-E Kodları						İspanyolca için S-F-E Kodları					
S _{rus}	P _i	F(s)	$\bar{F}(s)$	L _i	S-F-E Kodu	S _{isp}	P _i	F(s)	$\bar{F}(s)$	L _i	S-F-E Kodu
A	0.064	0.064	0.032	5	00010	A	0.12529	0.12529	0.062645	4	0001
Б	0.015	0.079	0.0715	8	00010010	B	0.01420	0.13949	0.13239	8	00100001
В	0.039	0.118	0.0985	6	000110	C	0.04679	0.18628	0.162885	6	001010
Г	0.014	0.132	0.125	8	00100000	D	0.03856	0.24484	0.21556	6	001101
Д	0.026	0.158	0.145	7	0010001	E	0.13676	0.3816	0.31322	4	0101
Е	0.074	0.232	0.195	5	00110	F	0.00694	0.38854	0.3807	9	011000101
Ж	0.008	0.24	0.236	8	00111100	G	0.01006	0.3986	0.39357	8	01100100
З	0.015	0.255	0.2475	8	00111111	H	0.00704	0.40564	0.40212	9	011001101
И	0.064	0.319	0.287	5	01001	I	0.06249	0.46813	0.436885	6	011011
И	0.010	0.329	0.324	8	01010010	J	0.00443	0.47256	0.470345	9	01110000
К	0.029	0.358	0.3435	7	0101011	K	0.00004	0.4726	0.47258	16	011100011111011
Л	0.036	0.394	0.376	6	011000	L	0.04971	0.52231	0.497455	6	011111
М	0.026	0.42	0.407	7	0110100	M	0.03150	0.55381	0.53806	6	100010
Н	0.056	0.476	0.448	6	011100	N	0.06712	0.62093	0.58737	5	10010
О	0.095	0.571	0.5235	5	10000	O	0.08684	0.70777	0.66435	5	10101
П	0.024	0.595	0.583	7	1001010	P	0.02305	0.73282	0.720295	7	1011100
Р	0.041	0.636	0.6155	6	100111	Q	0.00875	0.74157	0.737195	8	10111100
С	0.047	0.683	0.6595	6	101010	R	0.06873	0.8103	0.775935	5	11000
Т	0.056	0.739	0.711	6	101101	S	0.07980	0.8901	0.8502	5	11011
У	0.021	0.76	0.7495	7	1011111	T	0.04629	0.93639	0.913245	6	111010
Ф	0.002	0.762	0.761	10	1100001011	U	0.03934	0.97573	0.95606	6	111101
Х	0.009	0.771	0.7665	8	11000100	V	0.00895	0.98468	0.980205	8	11111010
Ц	0.004	0.775	0.773	9	110001011	W	0.00023	0.98491	0.984795	14	11111100000110
Ч	0.013	0.788	0.7815	8	11001000	X	0.00221	0.98712	0.986015	10	1111110001
Ш	0.006	0.794	0.791	9	110010100	Y	0.00895	0.99607	0.991595	8	11111101
Щ	0.003	0.797	0.7955	10	1100101110	Z	0.00523	1.0013	0.996685	9	111111111
Ъ(б)	0.015	0.812	0.8045	8	11001101						
Ы	0.016	0.828	0.82	7	1101000						
Э	0.003	0.831	0.8295	10	1101010001						
Ю	0.007	0.838	0.8345	9	110101011						
Я	0.019	0.857	0.8475	7	1101100						
#	0.145	1.002	0.9295	4	1110						

EK 17. Alman ve Fransız Dilleri için Shannon-Fano-Elias (S-F-E) Kodları

Almanca için S-F-E Kodları						Fransızca için S-F-E Kodları					
S_{Alm}	P_i	$F(s)$	$\bar{F}(s)$	L_i	S-F-E Kodu	S_{Fr}	P_i	$F(s)$	$\bar{F}(s)$	L_i	S-F-E Kodu
A	0.06506	0.06506	0.03253	5	00001	A	0.08147	0.08147	0.040735	5	00001
B	0.02566	0.09072	0.07789	7	0001001	B	0.00876	0.09023	0.08585	8	00010101
C	0.02837	0.11909	0.104905	7	0001101	C	0.03063	0.12086	0.105545	7	0001101
D	0.05414	0.17323	0.14616	6	001001	D	0.04125	0.16211	0.141485	6	001001
E	0.16693	0.34016	0.256695	4	0100	E	0.17564	0.33775	0.24993	4	0011
F	0.02044	0.3606	0.33038	7	0101100	F	0.00959	0.34734	0.342545	8	01010111
G	0.03647	0.39707	0.378835	6	011000	G	0.01051	0.35785	0.352595	8	01011010
H	0.04064	0.43771	0.41739	6	011010	H	0.00721	0.36306	0.361455	9	010111001
I	0.07812	0.51583	0.47677	5	01111	I	0.07559	0.44065	0.402855	5	01100
J	0.00191	0.51774	0.516785	11	10000100010	J	0.00398	0.44663	0.44364	9	011100011
K	0.01879	0.53653	0.527135	7	1000011	K	0.00041	0.44704	0.446835	13	0111001001100
L	0.02825	0.56478	0.550655	7	1000110	L	0.05783	0.50487	0.473955	6	011110
M	0.03005	0.59483	0.579805	7	1001010	M	0.02990	0.53477	0.51962	7	1000010
N	0.09905	0.69388	0.644355	5	10100	N	0.07322	0.60799	0.57138	5	10010
O	0.02285	0.71673	0.705305	7	1011010	O	0.05289	0.68088	0.634435	6	101000
P	0.00944	0.72617	0.72145	8	10111000	P	0.02980	0.69068	0.67578	7	1010110
Q	0.00055	0.72672	0.726445	12	101110011111	Q	0.01361	0.70429	0.697485	8	10110010
R	0.06539	0.79211	0.759415	5	11000	R	0.06291	0.7672	0.735745	5	10111
S	0.06765	0.85976	0.823935	5	11010	S	0.08013	0.84733	0.807265	5	11001
T	0.06742	0.92718	0.89347	5	11100	T	0.07353	0.92086	0.884095	5	11100
U	0.03703	0.96421	0.945695	6	111100	U	0.05991	0.98077	0.950615	6	111100
V	0.01069	0.9749	0.969555	8	11111000	V	0.01557	0.99634	0.988555	8	11111101
W	0.01396	0.98886	0.98188	8	11111011	W	0.00020	0.99654	0.99644	14	11111111000101
X	0.00022	0.98908	0.98897	14	11111101001011	X	0.00350	1.00004	0.99829	10	1111111110
Y	0.00032	0.9894	0.98924	13	1111110100111	Y	0.00116	1.0012	1.00062	11	0000000001
Z	0.01002	0.99942	0.99441	8	11111110	Z	0.00072	1.00192	1.00156	12	000000000110

**EK 18. “Yakıt Geleceğimiz: Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak” isimli Metnin
Türkçe Çevirisi**

Yakıt Beyaz Sayfalar

Özet

Yakıt Geleceğimiz: Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak

DTI

DTI, İngiltere’de ticaret başarısı için en iyi çevreyi oluşturmaya çalışarak “her şeyde iyileşme” isteğimizi gerçekleştirir. Biz, insanların ve şirketlerin yatırımını, yeniliklerini ve yaratıcılıklarını arttırarak daha verimli olmaları için yardım ederiz.

İngiltere ticaretine yurtiçi ve yurtdışı destek çıkarız. Ağırlıklı olarak dünya sınıfının bilim ve teknolojisine yatırım yaparız. Çalışan insanların ve tüketicilerin haklarını koruruz. Adalet için ayaktayız ve İngiltere’de alış veriş yerleri açıyoruz.

Daha Temiz, Daha Güçlü Yakıt: Düşük Karbon Geleceği İçin Görüşler

1.1 Ülkemizde yeni bir yakıt anlayışına gereksinim var. Son beş yılda yapılan gelişmelere rağmen, günümüzdeki anlayış geleceğin gereksinimini karşılamayacaktır. İklim değişikliğinin tehlikesini belirtmemiz gerekir. Bizi yakıt ihracatçısı yerine bir yakıt ağı ithalatçısı yapacak olan indirgenmiş İngiltere petrolü, gazı ve yakıtı üretiminin anlamlarına değinmeliyiz. Gelecek 20 yıla gerek var ya da bunun için yakıt alt yapımızın bir çoğunun güncelleştirilmesi ya da yerleştirilmesi gerekir.

1.2 Bu gereksinimle birlikte yeni olanaklar gelir. 1) Kuşkusuz İngiltereyi düşük karbon ekonomisi oluşturmaya karşı değiştirmek. 2) En uç teknolojileri geliştirmek, uygulamak ve ihraç etmek, yeni ticaret ve meslekler yaratmak. 3)Avrupa’daki yolda ve dünyanın her bir yerinde ekonomik büyümeyi destekleyecek çevresel güçlendirilebilir, güvenilir ve yarışmacı yakıt alış veriş yerlerini uluslararası geliştirmede önderlik etmek.

- 1.3 Yakıt neredeyse yaptığımız her şeyde temeldir. Ne zaman istesek onu elde edilebilir, uğraşılabilir, güvenilir ve çevresel güçlendirilebilir olmasını bekleriz. Yalnız işler yanlış gittiğinde, yakıtın modern sanayileşmiş ülkelerin son derece karmaşık yakıt sistemlerinin üzerine ne kadar dayandığını farkederiz.
- 1.4 Bu arka tasarıma karşı, 24 Şubatta bir beyaz sayfa yayınladık, Yakıt Geleceğimiz - Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak. Bu ana kararları özetlemektedir.

Yüz Yüze Geldiğimiz Gereksinimler...

- 1.5 İlk uğraş çevresel. İklim değişikliği gerçektir. Kayıtlar başladığından bu yana 1990lar en sıcak on yıldır. Sera gazı işlem boyutunu indirmek için çalışma yapılmaksızın, dünyanın sıcaklığı son 10.000 yıldan çok herhangi bir zamanda olduğundan daha hızlı artmaktadır. İngiltere’de, kuraklık ve sel baskınlarının riski artmaktadır. Deniz düzeyi artacak, böylece yüzyılın sonuna doğru son derece yüksek su düzeyi, doğu kıyısındaki kimi bölgelerde şimdi olduğundan 10, 20 kat daha yüksek olabilir. Fakat iklim değişikliğinin en kötü etkileri, eğer atmosferdeki sera gazlarının artmasına izin verilmesi yerine, dengelenirse önlenir. Daha da çoğunun yapılması gerekmektedir. İngiltere öncülük göstermeyi sürdürecektir fakat bu sorunu tek başına çözemez. İngiltere’nin karbon dioksit işlem boyutu toplam küreselin yalnız %2’si gibidir. Birleşmiş uluslararası çabaya gerek duyulmaktadır. UNFCCC’nin çatısı altında dünyanın pek çok yerinde karbon işlem boyutunu indirme çalışmaları yapan şirket yüklenmeleri için gereklilik etrafında bir anlaşma kurmak için diğer ülkelerle çalışmayı sürdüreceğiz. Ayrıca bu istek için güvenli uluslararası yüklenme gerekmektedir. İklim değişikliği anlayışımızı geliştirmemiz gerek. Bilgi tabanımızı alttan desteklemek için iklim değişikliği araştırmamıza yatırım yapıyoruz.
- 1.6 Dünyanın gelişmiş ekonomilerinin 2050’de sera gazlarının işlem boyutlarını %60’da kesmelerini istiyoruz. 2050’de karbon dioksit işlem boyutunda şu anki düzeyinden %60 indirme olmasına yönelik yola koyulacağız. Şu ana

kadar yakıt anlayışımız çevresel sorunlara yeterince ilgi göstermedi. Yeni anlayışımız, bu yakıtı güvence edecek, çevre ve ekonomik büyümeyi uygun bir şekilde güçlendirebilecek şekilde bütünleşecek.

- 1.7 Birkaç yolla 2050’de işlem boyutunda %60 kesim elde edebiliriz. Çalışmayı son ana bırakmak uygun bir seçenek değildir. Eğer şimdi başlamazsak, sonra daha yıkıcı ve pahalı değişikliklere gerek duyulacaktır. Genellikle değişiklik için gereksinimi düzenleyebilecek ve yeni teknolojileri yöreklendirebilecek işler ve ustalıklara dayanarak ticaret ve ekonominin bulunduğu bir çatıyı önceden hazırlamak için erken, iyi tasarlanmış çalışmalara gereksinim var.
- 1.8 2050’de işlem boyutunun %60’nı kesmenin İngiltere ekonomisi üzerinde olası etkilerini iyice çözümledik. Çözömlerimiz önermektedir ki, etkin olarak iklim değişikliği düzenlemesinin bedeli çok küçük olacaktır – yalnız 2050’de şimdiye kıyasla üçe katlanmış olacak olan GSMH’mız %0.5-2’ye eşdeğerdir.
- 1.9 İkinci uğraşımız İngiltere’nin yerli petrol, gaz, nükleer ve yakıt varlığındaki sapmadır. 10 yılda İngiltere’nin pek çok derin madeninden çıkarılan kömür tükenmiş olacak. 2006’da bir gaz ağı ithalatçısı 2010’da da ayrıca petrol ithalatçısı olacağız. 2020’de toplam temel yakıt gereksinimizin yalnızca dörtte üçü için ithal edilmiş yakıtı bağımlı olabiliriz.
- 1.10 Bir ağı ithalatçısı olmak için değiştiğimiz gibi, fiyat dalgalanmalarına ve düzenli başarısızlıklara, politik ikileme ya da dünyanın diğer bölümlerindeki zıtlaşmadan doğan birikim kesintilerine karşı daha savunmasız olabiliriz. Fakat yakıt ithalatçısı olmak, yakıt güvenliğini başarmayı kesinlikle daha zor duruma getirmez. Önde gelen endüstriyel milletlerden yalnız Kanada ve İngiltere yakıt ağı ithalatçısıdır. Diğerlerinin tümü ekonomik büyümeyi yakıt ithalatçıları olarak elde etmişlerdir. Kuzey Deniz petrolü ve gazından önce yaptığımızın aynısını yapabiliriz. Yakıt güvenliğini sürdürmenin en iyi yolu yakıt türü olacaktır. Pek çok yakıt kaynağına, toptancılara ve birikim yerlerine gereksinim var. Yenilenebilir ve küçük ölçekli, mikro-CHP ve yakıt hücreleri gibi dağılmış yakıt kaynakları ile ithalat üzerindeki bağımlılığı engellemek

bize yardım edecektir ve güvenlik direktmesine karşı savunmasızlığımızı azaltabilir.

1.11 Gelecek yıllarda Norveç, gaz ihracatımızın önemli bir kaynağı olacaktır. Ayrıca, Rusya, Orta Doğu, Kuzey Afrika ve Latin Amerika gibi yerlerdeki toptancıları aramamız gerekecektir. Bu ticaret karşılıklı bağımlılık ilişkilerini kapsayacaktır – onların yakıtları bizim için ne kadar önemli ise bizden gelen gelir onların iyileşmesi için o kadar önemlidir. Büyüyen içten bağımlılığımız, ayrıca korunan güvenilir yakıt birikimlerinin Avrupa'nın ve yabancı anlayışının artarak önemli bir parçası olmamız gerektiği anlamına gelir. Bölgesel dengeyi, ekonomik iyileşmeyi, açık ve yarışmacı alışverişleri ve dünyanın petrol ve gazının çoğunu sağlayan bölgelerdeki uygun çevresel anlayışları tanıtmak için uluslararası boyutta çalışacağız. 2004'ten 2007'ye endüstriyel alıcılar için Avrupa Birliği (AB)'nde yakıt liberizasyonu için bir sorumluluk duymaktayız. Bu, birikim yerlerini türünü çoğaltmak için ve geniş alışveriş yerleriyle yarışmak için, İngiltere şirketlerine olanak tanımak, ve kendi geçidimizi geliştirmemiz için önemlidir.

1.12 Üçüncü uğraşımız, önümüzdeki yirmi yıl içinde, İngiltere'nin yakıt alt yapısının çoğunu güncellemektir. 1990'larda verim arttırmada anlamlı yeni yatırımlar vardı, özellikle gaz-yakıtlı fabrika. Kimi verim artışları eskidiğinde yenilenmektense, yeni fabrika kurmadaki ilgi azalmıştır. Fakat daha sonraki değişiklikler araştırılmaktadır. Karbon işlem boyutunu sınırlamak ve hava kalitesini geliştirmek için Avrupanın ölçümleri büyük bir olasılıkla eski kömür yakıtlı fabrikaların çağdaştırılması ya da kapatılmasına baskı yapmaktadır. Yeni yapı ya da yaşamın kısılmasında elektrik üretiminin nükleer gücünün paylaşımı, bugünkü düzeyine göre daralacaktır: 2025'te çalışan yalnız bir fabrika olacaktır. İklim değişikliğini korumaya çalıştığımız gibi, yenilenebilirlik elektriğin daha anlamlı bir kaynağı durumuna gelecektir.

1.13 Önümüzdeki yıllarda, yakıt alt yapımızın diğer bölümlerinde zengin yatırımlara gerek duyulacaktır. Yakıt dağıtım ağlarının, evlerde ve

işletmelerde odaklaştırılmamış gc üretimi gibi daha çok yeniliğe ve kck ölçümlere uyumlu olması gerekir. Kaynaklar dizisinden hem gaz borularına ve hem de sıvı doğal gaz (LPG) birikimi için ek bağlantılara gerek var. Uzun dönemde, taşıtlar için sıkıştırılmış doğal gaz ya da hidrojen gibi olası başka yakıtlara ynlendiğimiz gibi, yakıt dağıtım alt yapısında daha önemli yatırımlara gereksinimiz olacak.

Yeni Yakıt Anlayışımızın Amaçları...

1.14 Bu üç uğraşımızın belirttiğimiz gibi yakıt anlayışımız için dört amacımız var:

- 2020’de gerçek bir gelişme ile 2050’ye dek İngiltere’nin CO₂ işlem boyutunu %60 kadar kesecek bir yola koyulduk ;
- Yakıt birikimlerinin güvenirliliğini sürdürmek;
- İngiltere ve dışında karşı satıcıları tanıtmaq ve güçlendirilebilir ekonomik büyümenin oranını arttırmaya ve verimliliğimizi geliştirmeye yardım etmek;
- Her evin yeterince ve uygun fiyatta ısıtılmasını sağlamak;

1.15 Bu dört amacın birlikte başarılabilieceğine inanıyoruz. Alış veriş yeri çatısının ve anlayış aletlerinin, amaçlarımızı başarmak için birbirlerini glendirdiklerinin olabildiğince uzun güvencesini vereceğiz. Yakıt yeterliliği, dört amacın tümüne ulaşmanın en ucuz, güvenli yoludur. Yakıt güvenliğini güçlendirirken ve daha temiz teknolojiler, ürünler ve yönetimler geliştirmek gibi endüstriyel yarışı geliştirirken yenilenebilir yakıt ayrıca indirgenmiş karbon işlem boyutlarında da önemli bir rol oynar.

1.16 Zaman zaman başka amaçlar arasında kaçınılmaz olarak gerginlik olacaktır. Başka amaçların ilgili ‘‘ağırlıkları’’nı belirlemek için basit bir yapı yok. Fakat yaklaşımımıza aşağıdaki düşünceler yol gösterir:

- Anlamlı, zarar verici iklim değişikliği kırılmaması gereken çevresel bir sınırdır. İngiltereyi 2050’de karbon diyoksit işlem boyutundaki kesintileri %60’da saklamamız gerek.

- Güvenilir yakıt birikimi bir bütün olarak ekonomiye ve güçlendirilebilir gelişmeye temeldir. Hem kısa hem de uzun dönemde her zaman yakıt güvenliği uygun düzeyde sağlanmalıdır;
- Liberal ve yarışmacı alış veriş yerleri yakıt anlayışının temel taşı olmayı sürdürecektir. Alış veriş yerlerinin tek başına doğru bilgileri oluşturamadıkları yerde, adım adım işi, araştırdığımız sonuçları dağıtmak için yeni olanaklar sağlamak ve dağıtmak için yönlendireceğiz; ve
- Anlayışımızın tüm kurumsal işletmelerde çarpışmaları göz önünde bulundurulmalıdır. Kimi insanlar için özel ölçümlere gereksinim duyulacaktır. Örneğin yakıt gideri aşırı yük oluşturanlara destek çıkmak.

Yakıt Karışımı...

- 1.17 Başka yakıtlardan karşılanan toplam yakıt ya da elektrik birikimi için amaçları koymayı öneriyoruz. Hükümetin yakıt karışımı bileşimine karar verdiği inanimiyoruz. Baştan başa amaçlarımızı en etkili karşılayacak dengeyi bulmak için yatırımcılara, işe ve tüketicilere doğru yönlendirecek uzun dönem anlayış ölçümleri ile sağlamlaştırılan bir alış veriş yeri çatısı yaratmayı yeğleriz.
- 1.18 Yaklaşımın kendi başına yeterli olmadığını onaylıyoruz. Ayrıntılı olarak, büyümeyi uarmak için ekonomik ölçümünü ve tutarını anlamlı indirgeyecek, uygunluğu elde etmeye olanak tanıyacak, yenilenebilir yakıtta belirli ölçümlere gerek duyulur. Ocak 2000'de tüketicinin onaylayabildiği tutara göre 2010'da İngiltere elektriğinin %10'unu sağlayan yenilenebilirlikler için amacımızı duyurduk. Nisan 2000'de Yenilenebilir Kuralları tanıttık. İklim değişikliğinin koymakta olduğu yenilenebilirlikleri ayrı tuttuk. 2010'da bu ölçümler yılda yaklaşık 1 milyar pound yenilenebilir endüstriye destek sağlayacaktır. Bu, sonradan yenilenebilirliklerde gerekli yayılmayı dağıtmak

için tasarlanır. Bundan sonraki on yılda elektrik üretiminin çift yenilenebilirliğinin paylaşımını başarmak istiyoruz.

1.19 Karbon diyoksit işlem boyutunu indirgemedi önceliğimiz yakıt yeterliliği ve yenilenebilirliğin katkısını güçlendirmektir. Önümüzdeki 20 yılda geçmişte olduğundan daha çoğunu başarmamız gerekir. Böylesi istekli izlencenin başarılabilir fakat belirsiz olduğuna inanıyoruz.

1.20 Nükleer güç, bugünkü özgür karbon elektriğinin önemli bir kaynağıdır. Bununla birlikte, bugünkü ekonomi onu verim arttıran yeni özgür karbon için tek bir seçenek yapmaktadır. Ayrıca, kalıtsal artıkları ve diğer kaynaklardan ortaya çıkan kalıcı artıkları içeren çözülecek nükleer artıkların önemli bölümleri var. Yeni nükleer güç istasyonları kurmak için özel öneride bulunmuyoruz. Bununla birlikte, eğer karbon amaçlarımıza ulaşmak üzereyse, gelecekte bir yerlerde yeni nükleer yapısının gerekli olabileceği olasılığını ortadan kaldırırız. Yeni yapı ile ilerlemek için, herhangi bir karardan önce en kalabalık kamuoyu ve önerilerimizi ortaya çıkaran daha sonraki beyaz sayfaların yayının yapılması gerekir.

1.21 Kömür kullanan kuşak da ayrıca karbon işlem boyutunu indirgemek için, maddesel bulunabilen yakıt türülülüğünü sağlayan yolları genişletmede önemli bir bölüme sahiptir. Daha temiz kömür teknolojileri, karbon aktarımı ve birikimi için seçenekleri geliştiren uygun araştırma projelerini desteklemeyi sürdüreceğiz. Yerli kömür üretimi, jeolojik ve ekonomik yaşamlarının sonuna ulaşan madenler gibi ortaya çıkarak azalmayı sürdürecektir. Ekonomik olarak uygulanabilir ve koruma mesleklerine yardım oluşturdukları yerde, yeni kaynaklar geliştiren madenleri ortaya çıkarmaya yardım eden bir yatırım yardımı şeması tanıtacağız.

Amaçlarımızı Nasıl Başaracağız...

1.22 Karbon işlem boyutları indirgeme amacımızı başarmak için, yakıt kullanım ve kirliliğinden ekonomik büyümeyi katlamaya devam etmeliyiz. 1970'den bu yana ekonominin boyutu ikiye katlanmışken İngiltere'de baştan başa yakıt tüketimi %10 gibi artmıştır. Bu eğilimi hızlandırmalıyız.

- 1.23 2008-12'nin de ilerisinde iklim değişikliğinin üstesinden gelme tartışmaları yakında başlayacaktır. Var olan anlayışların temelinde, İngiltere'nin karbon diyoksit işlem boyutlarınının 2020'de karbonun (MtC) 135 milyon ton olacağını bekliyoruz. 2020'de karbonda 15-25 MtC'den aşağı kesintiler umuyoruz. Bunu, yenilenebilir yakıtta önemli bir artış ile birlikte, yakıt tüketimimizi indirgeyerek başarma olasılığına inanıyoruz. Amacımız açıkça belirtecek olursak; şirketlerin yatırım için gerek duyduğu belirtileri sağlamayı – ve İngiliz üreticilerinin dünyanın gelecek iyileşmesinde geniş bir rol oynamasını umduğumuz yeşil teknolojileri geliştirmede oyunun başında olmalarına, yardım etmeyi amaçlıyoruz.
- 1.24 Gelecek alış veriş yeri ve anlayış çatısının çekirdeği karbon işlem boyutu ticaret şeması olacaktır. Gönüllü İngiltere ticaret şemalarını artık çalışmaya geçirdik. 2005'ten itibaren elektrik üreticileri, petrol rafinerilerinin ve diğer endüstri sektörlerininin AB – geniş şemalarından daha geniş bir bölüm olmaları beklenmektedir. İşlem boyutları, üzerine kapaklar kurarak şema, yakıt yeterliliğinde ve en düşük tutarda daha temiz teknolojilerde yatırım için temiz dürtüler sağlayacaktır. Her düzeyde ticaret için genişlemiş olanakları destekleyeceğiz. Zamanı geldiğinde AB şemasını genişletmek için AB ortaklarımızla çalışacağız. Daha sonraki AB şemalarının daha açık olması gibi vergi ve ticareti yapılabilir belgeli şemalar arasındaki bağlantılarda kapsanan bölümleri ele alacağız.
- 1.25 İşlem boyutları üzerinde ticaret yapmak, çevresel amaçlarımızı dağıtmak için yeterli olmayacaktır örneğin, işte, halk sektörünü ve ev halkını daha çok yakıt yeterliliği için isteklendirmek gibi ek ölçümlere gereksinimiz olacak. Ürünlerin ve yapıların yakıt yeterliliğini arttırma anlayışları önemli bir role sahip olacaktır yerli tüketiciyi boş duvar yalıtımı gibi ölçümlere yatırım yapmaya yönlendirme doğrultusunda elektrik ve gaz birikimlerine gerek duyan günümüzdeki yeterlilik sorumluluğumuzu geliştireceğiz. Yeni yapılar ve tasarımlarda yakıt yeterliliği için ölçümleri arttıran yapı düzenininin sıradaki iyileştirmesini 2005'e taşımayı amaçlıyoruz. Buzdolapları ve kişisel bilgisayarlar gibi ticari mallarda daha yüksek yakıt yeterliliği için Avrupa'da düğmeye basacağız. Gelişmelerde ve taşımanın yeterliliğinde düşük karbon

yakıtlarını yüreklendireceğiz. Parasal bağış ve tasarım için daha çok desteksel yaklaşım gibi ölçümlere karşı, yenilenebilir yakıt ve altyapı yatırımı için daha çok yüreklendireceğiz. 2002 Gider İncelemesinde duyulan ek 38 milyon pound ana paraya; ek olarak yenilenebilirlik için para bağışını 60 milyon pounda çıkararak ana parayı arttırıyoruz. Yapılarda ve gereksinimlerde yakıt yeterliliğini geliştirerek baştan başa halk sektöründe bir örnek oluşturacağız.

1.26 İkinci amacımız İngiltere'nin yakıt birikimlerinin güvenliğini sürdürmektir. Bunun için epeyce çalışmaya gerek vardır. Evde ve liberal AB yakıt alış veriş yerlerinde doğru altyapı ve düzenleyici sisteme gerek vardır. Alış veriş yerlerinin görevlendirilmesinde karşılıklı anlaşma, ve dünyanın türlü gaz ve petrol bölgelerinde ilerideki altyapı yatırımı kolaylaştıran, doğrudan yabancı yatırım için koşullar olarak ana üretim alanlarında bölgesel dengeyi ve ekonomik gelişmeyi tanıtmak için uluslararası ilişkileri yakından izleyeceğiz.

1.27 Liberal alış veriş yerlerinde ilerideki fiyatlar, gelecek yatırım gereksinimi için bilgiler gönderecektir. Gereksinimleri karşılayan kuruluşlar bu bilgiler üzerine risk ve olanakların kendi değerlendirilmesi üzerine bu gereksinimleri karşılamak için tasarım ve yenilik yapmak için hareket edecekler. Bugünkü alış veriş yeri bilgilerine tepki olarak kimi şirketler boru yolumuz üzerinde Belçika'ya gaz ithalatlarını arttırmayı tasarlamıştır; diğerleri gaz biriktirme ve yeni LPG ihracat olanakları için araştırma seçenekleridir. Bu gelişmeler, güvenilir yakıt birikimi sağlamamızı gerektiren verimde yatırım yapacak alış veriş yeri güveni sağlamamıza yardım edecektir.

1.28 Üçüncü olarak, İngiltere ve ötesinde yarışan yakıt alış veriş yerleri tanıtmaya kararına bağlandık. Bu, ekonomik büyümenin dayanıklılık oranlarını arttırmaya yardım edecek; güvenilir ve fiyatı uygun yakıtı karşı yarışımızı destekleyecektir. Yarışan bir yakıt sektörü ekonominin yarışmacılığı ve verimliliğinin tümünde önemlidir. İş yerinde daha büyük verimlilik kaynağına gerek vardır, böylece kuruluşlarımız yakıtı daha etkili kullanır, karbon dioksit işlem boyutlarını indirger ve aynı zamanda tutarları keser. Bunu yapmak için; kuruluşlar tutarlarını en aza indirmek, yenilemeleri için ve daha kaliteli mal ve hizmetler dağıtması için yüreklendireceğiz. Yarışmacı yakıt alış

veriş yerlerine karşı olan sorumluluğumuzu sürdüreceğiz ve daha büyük yakıt anlayış amaçlarımızı dağıtmak için alış veriş tabanlı aletler kullanacağız. İş yerleri ile düşük karbon ekonomisi için hazırlanmalarına ve sağladıkları olanakları yakalamalarına yardım ederek çalışacağız. Yeni sektör deneyimleri ağı sayesinde, endüstri gereklerinin deneyimlerini geliştirmek için yakıt endüstrisi ile çalışacağız.

1.29 Son amacımız her evin yeterli ve uygun fiyatta ısıtılacağını güvenceye almaktır. 1996'da 5 ½ milyon ev halkı gelirlerinden %10'dan daha çoğunu evlerini yeterince ısıtmak için gider gereğinde bulundu. Şimdiden, fiyatların düşüşü ve yüksek sosyal güvenlik yararları bu sayının 3 milyon dolayına inmesine yardım etti.

1.30 Yoksulluğa son vermek için görüşlerimizi yan yana koyarak, yakıtın çoğunun savrulmuş tüketildiği eski, yoksullukla ayrılmış, cereyanlı evler sorunu ile uğraşmamız gerekir. 2001'de yakıt yetersizliği stratejisi, 2010'da İngiltere'de savunmasız ev halkında yakıt yoksulluğunu sona erdirecek görüşlerle yola çıktı. Sonraki amacımız İngiltere'de 2016-18 ile yakıt yoksulluğu yaşayacak hiç kimsenin kalmamasıdır. Bağış şemaları ve yakıt yeterliliği sorumluluğu, cereyanı en aza indirerek ve daha etkili ısıtma sistemleri ve daha iyi yalıtımıyla evleri şimdiden geliştiriyor. Bu yıldan sonra bu görüşlerimizin sonuçlarını inceleyecek ve yakıt yoksulluğu amaçlarımızı başarmamız için daha çok neye gereksinimiz olduğuna karar vereceğiz.

Yenilik Temeldir...

1.31 Teknolojisel yenilik amaçlarımızın altını desteklemekte ve düşük karbon ekonomisini etkili tutarda dağıtmada kilit rol oynayacaktır. Araştırmaları, gelişmeleri ve yenilerin gelişmelerini yöreklendirecek yenilikleri, hidrojen ekonomisi ve yenilenebilirlik ve yeni yakıt yeterliliği teknolojileri gibi yetkin görünen teknolojilerin gerekli olduğu yerdeki gibi uzun dönem seçeneklerini destekleyeceğiz. Araştırma Kurulu tarafından yeni bir Ulusal Yakıt Araştırma Merkezi kurulacaktır.

1.32 Katılımımız üzerine geri dönüşü en yüksek yapmak için bizi yetkilendiren ulusal izlencelerle, uluslararası işbirliklerle ve çok yönlü izlencelerle çalışacağız. Karbon indirgeme isteklerimizi karşılamamız ve diğerlerine özellikle gelişmekte olan dünyaya yardım etmemiz için yardımcı olacak iklim değişikliği teknolojilerini geliştirmemiz için G8 ve AB ortaklarımızla çalışacağız.

Geleceğe Bakış...

1.33 Günümüzden biraz ayrı olan bir yakıt sistemi için hazırlanmaya gerek var. Bu yardım, alış veriş yerlerinin gelişmesi ve buna yatırım yapabilmesi için olacaktır. Fakat açık amaçlar kurmaya ve hangi alış veriş yerleri bunu yapmak için güven, güç ve uzun dönem sorumluluk anlayışı içinde olduğuna dair bir stratejiye gerek var. Yaklaşımımız izleyen kilit ilkelere dayanır:

- Yakıt yatırımları genellikle uzun dönemdir;
- Tüm amaçlarımıza ulaşmanın en ucuz, en temiz ve en güvenli yolu daha az yakıt kullanmaktır. Son 20 yılda olduğundan daha çok önümüzdeki 20 yıl ve ötesine yakıt yeterliliğini geliştirmeliyiz;
- Etkili sonuçlar başarmanın en iyi yolu iyi tasarlanmış, saydam ve açık yakıt alış veriş yeridir. Amaçlarımızı başarmak için nerede olursak olalım alış veriş yeri araçlarını kullanmamız olasıdır. Özellikle, işlem boyutu ticareti 2005'ten sonra ilerleyen yıllarda yakıt alış veriş yerlerimizin odağında olacaktır;
- Evlerde, ürünlerde ve taşımada yakıt yeterliliğini yukarı çıkarmak için, ölçümler boyunca karbon indirmek için, diğer ölçümler kadar ticareti kullanarak sürdürmemiz gerekir;
- Ülke ve yerli elektrik şebekeleri çapında, geniş ölçekli bir dünya için oluşturulan sistemleri ölçen ve düzenleyen anlaşmalar; odaklanmış güç istasyonları; daha çok yenilenebilir ve küçük ölçekli dağılmış elektrik üreticinin çıkışını desteklemek için önümüzdeki 20 yılda yeniden yapılanmaları gerekecektir;

- Özellikle yenilenebilirlik gibi yeni elektrik üretimi ve alt yapıya yatırım yapmak için daha çok yardımcı olan sistem olarak tasarlanarak tümlenen gelecek yakıt sistemi, İngiliz bölgelerinden ve yerli topluluktan daha büyük ilgiye gerek vardır. Tümüyle geniş alanda yakıt konularında hizmet almış Devredilmiş Yönetimle güçlü bağlantılar geçerliliğini sürdürecektir;
- Birikim kesintileri, adi fiyat artışları, terörizm ya da birikim güvenliği için diğer direktmelere kendimizi korumanın en iyi yolu türülüdür. Bir yakıt ağı ithalatçısı durumuna geldiğimiz gibi daha çok kaynağa, gereksinimleri karşılayan kuruluşlara ve yönlere gerek olacak. Yakıt amaçlarımızı baştan başa başarmamız için Avrupa'daki ve dünyanın pek çok yerindeki uluslararası ilişkilerimizin önemi giderek artacaktır;
- Daha iyi düzen, alış veriş yeri tabanının ve/veya gönüllü yapıların kullanımını çoğaltmak, yalnız açıkça gerekli ve iyi tasarlanmış olduğu yerde düzenlemeleri tanıtmak, ilkeler doğrultusunda sonuçları etkilemek için en iyi yolu amaçlayacağız. Düzenin gerektiği yerde, özellikle küçük ve orta büyüklükteki girişimler üzerindeki yükleri en az yapan temel risk alıcılar üzerindeki etkinin önemini göz önünde bulundurduğundan emin olmak için çalışacağız; ve
- Yeni yakıt anlayışı tasarlarken, tümünden dayanıklı gelişmeler yaklaşımı doğrultusunda yakıt anlayışının, amaçlarımızın tümü üzerinde etkisini ele alacağız.

Uzun Dönem İçin Bir Strateji...

1.34 Doğacılığımızı, birikimlerin güvenliğini, yarışmacılığı ve sosyal amaçları yaymak için uzun dönem çatısı amaçlamıştık. Çünkü yakıt çok uzun yatırıma gerek duyar, tüm içeriklerini kurmak için 2050'e kadar ileriye baktık. Eğer 2050 için amaçlarımızı yeterince hızlı yaymada doğru yolda hareket ettiğimizden emin olmamız isteniyorsa 2020'ye dek neleri başarmış olmamız gerektiğini incelemeliyiz. Yakıt anlayışı için uzun dönem stratejik bir bakış tanımlamayı araştırdık. Bizi olmamız gereken yolda tutması için uzun dönem stratejileri ve arka tasarıma karşı kısa dönemde yapılacakları amaçladık.

Önümüzdeki 20 yıl ve ötesinde sürdürmemiz gereken anlayışın her ayrıntısını tanımlamayı araştırmalıyız. Bu gerçekçi olmayacaktır. Anlayış değişimlerinin etkisini incelemek ve deneyimin ışığında ayrıntılı görüş ölçümlerini değiştirmek ve güncellemek için açık stratejik içerik ve bir kuruluş içinde hazırlanmamız gerekir. Örneğin, uzun dönem bakışımızı yaymak için yardımda bulunmaya önemli katkısı olacak teknolojik yeniliğe inanıyoruz. Bu, şu anda hayal edemeyeceğimiz yeni olanaklar ve mümkün olan yeni gereksinimi getirecektir. Bu olanakların ve topluluktaki daha büyük değişimlerin ışığında anlayışlarımızı geliştirmemiz ve uyum sağlamamız için hazırlanmalıyız. Amaçlarımıza yönelik süreç ve iz üzerinde bıraktıklarımızı kesinleştirdiğimiz adımlar üzerine yıllık halk raporlarını içeren yakıt anlayışı yeteneklerimizi güçlendireceğiz.

1.35 Bu, yakıt anlayışı üzerine son önemli stratejik durum olmayacaktır. Fakat hem kısa hem de uzun dönemlerde çok anlamlı değişimleri yaymak, yeni bir saptama ve yeni bir yön kurar. Bu çok büyük bir uğraştır. Ama bu kaçınılmazdır ve karşılaşılabileceğimize inandığımızdır.

Beyaz Sayfalara Bir Bakış

Bölüm 1

Daha temiz, daha uygar yakıt: düşük karbon geleceği için yaklaşımlar: yeni uğraşlar yeni bir yaklaşıma gerek duyacaktır. 2050 ile karbon dioksit işlem boyutlarında %60 indirgemeye karşı hareket etmeye dayanarak bize kılavuzluk yapacak ilkelerimizi ve yakıt görüş amaçlarımızı kurduk.

Bölüm 2

Çevre: iklim değişikliği direktmesinin evrenselliğe gereksinimi var, yine de işlem boyutu ticareti gibi alış veriş yeri yapıları kullanarak yarışmacılığımızı sürdürürken karbon dioksit işlem boyutumuzu indirgeyebiliriz.

Bölüm 3

Yakıt yeterliliği karbon kesintisine büyük bir katkıda bulunabilir. Yapı düzenlemelerini sıkıştırma, ürün ölçümlerini geliştirme, ev ve ofislerde daha çok yakıt yeterliliğini yüreklendirme çalışmalarını öneriyoruz.

Bölüm 4

Düşük karbon üretimi de ayrıca büyük bir katkıda bulunabilir. Yenilenebilirlikleri ve CHP'yi desteklemeyi sürdüreceğiz ve küçük üreteçler üzerindeki yükü belirlemek için OFGEM ve diğerleri ile çalışacağız. Yeni nükleer yapı ya da olasılığını ortadan kaldırmayı önermiyoruz.

Bölüm 5

Taşıma: kısa dönemde daha iyi taşıtlar sayesinde ve uzun dönemde daha düşük karbon yakıtlar sayesinde karbon işlem boyutunu indirgemeliyiz; havacılık, gemicilik ve demiryolu da ayrıca yardım edebilir.

Bölüm 6

Yakıt güvenliği gereklidir. Alış veriş yeri sayesinde olası fiyatta yakıt güvenliğine gerek var. Yakıt türünü içeren bir yakıt ithalatçısı olmanın yerli ve uluslararası boyutlarını tartıştık. Kömür bugün de temiz kömür teknolojisi kullanan bir geleceğe sahip.

Bölüm 7

Verimliliğimiz ve yarışmacılığımız; yakıt ve özellikle yarışmacı yakıt fiyatlarına; daha yüksek kaynak verimliliğine; girişimi ilerleterek, doğru yakıt deneyimlerine sahip olduğumuzu güvence ederek, daha çok tüketim ile yakıt yeniliğini ilerletmeye ve yatırımı yöreklendirmeye dayanır.

Bölüm 8

Yakıt ve savunmasızlık: İngiltere'de pek çok insan evlerini yeterince ısıtmak için gerek duydukları yakıtı oluşturamayabilir. Onlara yardım etmeliyiz ve yakıtı kolay geçite sahip olmayan gelişmiş ülkelerdeki insanları desteklemeliyiz.

Bölüm 9

Türlülük; ortaklık ile devrilmiş yönetimler, bölgeler, yöresel hükümetler ve iş yerlerini içeren risk alıcıları arasında olmalıdır.

**EK 19. “Yakıt Geleceğimiz: Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak” isimli Metnin
Rusça Çevirisi**

БЕЛАЯ КНИГА – ЭНЕРГЕТИКА

Резюме

Будущее для нашей энергетики – создание экономики с меньшим содержанием углерода. Министерство торговли и промышленности движет нашим стремлением к достижению «благополучия для всех», посредством создания наилучшей среды для успешного бизнеса в Соединенном Королевстве. Мы помогаем людям и компаниям стать более производительными, продвигая предпринимательство, инновацию и творчество. Мы защищаем британский бизнес на родине и за границей. Мы делаем значительные инвестиции в науку и технику мирового класса. Мы защищаем права трудящихся и потребителей. И мы боремся за справедливые и открытые рынки в Соединенном Королевстве, в Европе и во всем мире.

1.1 Нашей стране нужна новая политика в области энергетики. Несмотря на улучшения, произошедшие в последние годы, сегодняшняя политика не в состоянии справиться с завтрашними вызовами. Нам необходимо вплотную заняться угрозой изменения климата. Мы должны предпринять меры, чтобы справиться с последствиями сокращения добычи нефти, газа и угля в Соединенном Королевстве, что приведет к полному переходу нашей страны на импорт энергоресурсов, и прекращению их экспорта. Приблизительно в течение следующих 20 лет нам придется заменить или модернизировать большую часть инфраструктуры системы британской энергетики.

1.2 Вместе с этими вызовами появляются и новые возможности: перевод страны на экономику с меньшим содержанием углерода в энергоресурсах; разработка, применение и экспорт ведущих современных технологий, что

поможет создать новые бизнесы и рабочие места; быть лидером, как в Европе, так и на международной арене в создании конкурентоспособных, надежных рынков энергоресурсов, не подрывающих регенеративные способности окружающей среды (т.е. такие, которые она способна поддержать) и могущие обеспечить экономическое развитие во всех регионах мира.

1.3 Энергия является фундаментом почти всей человеческой деятельности. Мы ожидаем, что она будет доступна всегда когда понадобится; она должна быть дешевой, безопасной, не подрывать регенеративной способности окружающей среды. Только, когда дела начинают идти плохо, мы начинаем осознавать, до какой степени современные развитые промышленные страны зависят от сложнейших энергосистем.

1.4 Учитывая эти факторы, 24 февраля мы опубликовали Белую книгу, документ под названием: *«Будущее нашей энергетики – создание экономики с меньшим содержанием углерода»*. Ниже приводится резюме основных выводов, представленных в этом документе. Более чистая, более «умная» энергия: политика для обеспечения будущего с меньшим содержанием углерода.

Стоящие перед нами вызовы...

1.5 Первый вызов связан с окружающей средой. Изменение климата – это реальность. 90-тые годы были самым жарким десятилетием с момента начала ведения записей о погоде. Если не будут предприняты действия по сокращению выбросов «парниковых газов», температура на Земле, вероятно, будет подниматься быстрее, чем за последние 10,000 лет или даже больше. По-видимому, в Соединенном Королевстве повысится угроза засух и наводнений. Уровень моря поднимется, и поэтому к концу века в некоторых регионах восточного побережья чрезвычайно высокие уровни воды могут случаться 10-20 раз чаще. Однако существует возможность предотвратить худшие последствия, вызванные изменением климата, если бы удалось стабилизировать парниковые газы в атмосфере, вместо того, чтобы

позволить на дальнейшее повышение их уровня. Однако требуется сделать много больше. Соединенное Королевство будет продолжать демонстрировать лидерство, но оно не может решить эту проблему в одиночку. Выбросы диоксида углерода в Соединенном Королевстве составляют лишь 2% общего объема выбросов. Необходимы слаженные усилия на международном уровне. Мы будем продолжать сотрудничество с другими странами, чтобы достичь общего консенсуса о необходимости перемен и принятия твердых обязательств по сокращению таких выбросов во всем мире в рамках по изменению климата ООН (UNFCCC)¹. Также необходимо обеспечить принятие таких обязательств на международном уровне для достижения этой цели. Необходимо углублять наше понимание изменения климата. С целью создания основы для наших знаний в данной области мы инвестируем в исследования изменения климата.

1.6 Мы хотели бы, чтобы примерно к 2050 г. страны с развитой экономикой сократили выбросы парниковых газов на 60%. Мы намерены вступить на путь, который, к 2050 г., приведет к сокращению выбросов диоксида углерода примерно на 60% по сравнению с нынешними уровнями. До сих пор в нашей политике в области энергетики недостаточно внимания уделялось проблемам окружающей среды. В нашей новой политике мы постараемся обеспечить, чтобы энергетика, защита окружающей среды и экономическое развитие были соответствующим и устойчивым образом интегрированы.

1.7 Мы можем добиться 60% сокращения выбросов к 2050 г., используя несколько способов. Начать действовать в последний момент не может считаться серьезным вариантом. Если мы не начнем действовать сейчас, впоследствии понадобятся более драматичные, более разрушительные и более дорогостоящие изменения. Следует заранее установить хорошо запланированные действия для создания рамок, в которых бизнесы и экономика, включая базу рабочих мест, навыков и знаний, смогут адаптироваться к необходимости перемен и продвигать внедрение новых технологий.

1.8 Был проведен тщательный анализ возможных воздействий на британскую экономику, последующих в результате сокращения выбросов на 60% к 2050 г. Предполагается, что стоимость эффективных действий в области борьбы с изменением климата будет очень незначительна, и будет равна лишь 0.5 – 2% нашего ВВП в 2050 г., который к тому времени утроится по сравнению с сегодняшним уровнем.

1.9 Второй вызов стоящий перед нами – это сокращение отечественных поставок энергии: нефти, газа, угля и ядерной. Скорее всего, в течение ближайших 10 лет произойдет истощение большей части рентабельных запасов британского угля, разрабатываемых подземным способом. Примерно к 2006 мы станем, по-видимому, импортировать газ для наших нужд, а к 2010 г. то же самое произойдет и с нефтью. Возможно, что к 2020 г. 3/4 энергоресурсов для наших основных потребностей будут импортироваться.

1.10 Потенциально, по мере перехода к статусу импортера, мы можем стать более уязвимыми в результате колебаний цен на поставки энергоносителей и перерывы в поставках, вызванных нормативными сбоями, политической нестабильностью или возникновением конфликтов в других регионах мира. Но сам факт, что мы будем импортерами энергоресурсов, не должен означать, что возникнут большие трудности в обеспечении безопасности в данной области. Среди развитых промышленных стран Канада и Соединенное Королевство – единственные страны, где объем экспорта энергоносителей превышает объем их импорта. Все остальные страны достигли экономического роста, будучи их импортерами. Мы тоже можем достичь этого, как и в период до открытия нефти и газа в Северном море. Лучший метод поддержания надежности поставок энергоресурсов – их диверсификация. Нам нужны многочисленные источники, поставщики энергоресурсов и трассы поставок. Возобновляемые источники энергии и меньшие источники распределяемой энергии, как, например, микро-комбинированное производство электрической и тепловой энергии (когенерация) и топливные элементы, помогут предотвратить чрезмерную

зависимость от импорта и снизить степень нашей уязвимости на угрозы безопасности.

1.11 В течение следующего десятилетия Норвегия станет основным источником импорта газа. Нам также необходимо искать источники поставок в других регионах, например, в России, на Ближнем Востоке, в Северной Африке и Латинской Америке. Эти торговые связи содержат значительный элемент взаимозависимости – их энергоносители так же важны для нас, как доходы, получаемые от нас для обеспечения процветания стран-экспортеров. Наша постоянно растущая взаимозависимость также означает, что обеспечение надежных поставок

энергоресурсов будет становиться все более важным элементом нашей европейской и внешней политики. Мы будем работать на международной арене, чтобы продвигать региональную стабильность, экономические реформы, открытые и конкурентные рынки и соответствующую политику в области окружающей среды в тех регионах, которые являются главными поставщиками нефти и газа в мире. Мы заручились обязательством провести к 2004 г. либерализацию энергоснабжения для промышленных потребителей энергии в ЕС, и общую либерализацию к 2007 г. Такие меры жизненно важны для улучшения доступа к различным источникам поставок и для обеспечения конкурентоспособности британских компаний на мировых рынках.

1.12 Третий вызов, стоящий перед нами – это необходимость в течение следующих двух десятилетий **модернизировать значительную часть британской инфраструктуры энергетики**. В 90-ые годы были сделаны крупные инвестиции в установочные мощности по выработке электроэнергии, особенно в газовые электростанции. С тех пор некоторые из этих них законсервировали, а интерес к строительству новых установок, за исключением установок, работающих на возобновляемых источниках энергии, переживает серьезный спад. В перспективе нас ожидают дальнейшие перемены. Меры, принятые в Европе для ограничения выбросов углеродов в атмосферу и улучшения качества воздуха, вероятно, приведут к модернизации или закрытию большинства старых угольных электростанций.

При отсутствии новых строительных проектов или мер по продлению срока службы таких электростанций, доля АЭС в выработке электроэнергии сократится по сравнению с нынешним уровнем: к 2025 г. будет работать только одна АЭС. Роль возобновляемых источников энергии, как источников электроэнергии, будет все время расти по мере того, как человечество будет стараться остановить изменение климата.

1.13 В течение будущих лет потребуются значительные инвестиции в другие сегменты инфраструктуры энергетики в нашей стране. Предстоит адаптировать распределительные сети к большим объемам возобновляемых источников энергии и небольшим, децентрализованным установкам по выработке электроэнергии в домах и на предприятиях. Нам понадобятся дополнительные подсоединения к поставкам газа, как к газопроводам, так и сжиженному природному газу (СПГ), из целого ряда источников. В более отдаленном будущем, по мере потенциального перехода к различным видам топлива для транспорта, например, СПГ или водороду, потребуются значительные капиталовложения в инфраструктуру доставки топлива.

Задачи нашей новой политики в области энергетики...

1.14 В ходе работы над этими тремя вызовами наша политика в области энергетики будет включать четыре задачи: - вступление на путь сокращения выбросов CO₂ в Соединенном Королевстве приблизительно на 60% к 2050 г., причем реальный прогресс должен быть достигнут уже к 2020; - поддержание надежности поставок энергоресурсов; - продвижение конкурентоспособных рынков в Соединенном Королевстве и за его пределами, содействуя тем самым повышению уровня устойчивого экономического роста и улучшению нашей производительности; и - обеспечение каждому дому адекватного отопления, которое по средствам его обитателям.

1.15 Мы считаем, что есть возможность одновременного осуществления этих четырех задач. По мере возможности мы приложим все усилия, чтобы

рыночные рамки и политические инструменты укрепляли друг друга для выполнения этих задач. Эффективное использование энергии, вероятно, станет самым дешевым и безопасным методом, обеспечивающим осуществление всех четырех задач. Возобновляемая энергия также будет играть важную роль в сокращении выбросов CO₂, одновременно укрепляя безопасность в области энергетики и повышая конкурентоспособность нашей промышленности благодаря разработкам более чистых технологий, продуктов и процессов.

1.16 Неизбежно, что время от времени будет возникать напряженность между разными задачами. Нет простого механизма для определения сравнительного «веса» разных задач. Тем не менее, в ходе реализации нашего подхода, мы будем руководствоваться следующими соображениями: - значительное изменение климата, наносящее ущерб – это экологический предел, который нельзя переступить. Необходимо, чтобы Соединенное Королевство продвигалось по пути к достижению 60% сокращения выбросов CO₂ к 2050 г.;

_ наличие надежных источников энергии имеет фундаментальное значение для нашей экономики в целом и для устойчивого развития. Следует неизменно поддерживать соответствующий уровень безопасности поставки энергоносителей, как в краткосрочном, так и в долгосрочном плане;

_ либерализованные и конкурентные рынки остаются краеугольным камнем нашей политики в области энергетики. В тех случаях, когда рынок не сможет в одиночку создать правильные сигналы, мы предпримем шаги для поощрения бизнесов заняться инновационной деятельностью и развитием новых возможностей для обеспечения требуемых результатов; и

_ наша политика должна учитывать все воздействия на все слои общества. Потребуется специфичные меры для конкретных групп населения, например, для тех, для кого оплата электричества и газа являются очень тяжелым бременем.

Топливная «смесь»...

1.17 Мы не намерены определять долю общей энергии или электроэнергии, вырабатываемой из разных видов топлива. Мы не считаем, что правительство компетентно принять решение о составе топливной смеси. Мы предпочитаем создать рыночные рамки, усиленные долгосрочными политическими мерами, которые создадут соответствующие стимулы для инвесторов, бизнесов и потребителей для поиска равновесия, способного наиболее эффективно помочь в реализации общих задач.

1.18 Мы готовы признать, что применение единственно этого подхода недостаточно. В частности, следует принять конкретные меры для стимулирования увеличения объемов энергии, получаемой из возобновляемых источников, что позволит достичь зрелости и крупномасштабной экономии, а это, в свою очередь, обеспечит значительное сокращение расходов на нее. В январе 2000 г. была объявлена цель достижения поставки 10% электроэнергии для наших нужд из возобновляемых источников к 2010 г., при условии, что ее стоимость будет приемлема для потребителя. В апреле 2000 было введено «Обязательство по использованию возобновляемых источников энергии». Эти источники были освобождены от сбора на климат. К 2010 г. эти меры обеспечат поддержку для индустрии возобновляемых источников энергии в размере 1 млрд. фунтов стерлингов в год, что, в свою очередь, поможет в достижении необходимой экспансии в области возобновляемых источников энергии к 2010 г. В настоящее время мы приняли решение удвоить долю таких источников в выработке электроэнергии в десятилетие, следующие за 2010 г.

1.19 В ходе сокращения выбросов диоксида углерода нашей приоритетной задачей является укрепление вклада эффективного использования энергии и возобновляемых источников энергии. В этой области в течение следующих 20 лет придется достичь гораздо большего, чем за предыдущие годы. Мы считаем, что такой значительный прогресс возможен, тем не менее, нет уверенности, что он будет достигнут.

1.20 В настоящее время АЭС являются важным поставщиком электроэнергии, свободной от углеродов. Однако существующие сегодня и связанные с ними экономические факторы делают их непривлекательным вариантом для новых мощностей по выработке энергии, не производящих выбросов диоксида углерода. Нельзя забывать

также о решении проблемы устранения ядерных отходов, включая как отходы, оставшиеся нам в «наследство», так и отходы, непрерывно получаемые из других источников. Мы не вносим конкретных предложений в отношении строительства новых АЭС. Тем не менее, нельзя исключить возможность, что в какой-то момент в будущем, возможно, понадобится построить новые АЭС, если нам придется удовлетворить требования в области сокращения выбросов. До принятия какого-либо решения о строительстве новых АЭС потребуется провести, по возможности, всеобъемлющие консультации с общественностью и опубликовать еще одну «Белую книгу» с изложением предложений правительства в данной области.

1.21 Выработка электроэнергии на угольных электростанциях также будет играть важную роль в расширении разнообразия источников энергии, при условии существенного сокращения выбросов диоксида углерода. Мы будем продолжать предоставлять поддержку соответствующим проектам исследований в данной области, нацеленных

на разработку вариантов более чистых технологий, использующих уголь для выработки электроэнергии, сбора и хранения CO₂. Вероятно продолжение сокращения добычи угля в Соединенном Королевстве по мере истощения его запасов и завершения срока службы индивидуальных шахт. Мы будем внедрять планы по предоставлению инвестиционной поддержки для существующих шахт, с целью разработки новых, рентабельных запасов, которые помогут сохранить рабочие места.

Как мы обеспечим осуществление наших задач...

1.22 Для **сокращения выбросов диоксида углерода** необходимо продолжать «отделение» экономического роста от использования энергии и загрязнения окружающей среды. Начиная с 1970 г., общее потребление

энергии в Соединенном Королевстве повысилось примерно на 10%, в то время как размеры самой экономики выросли вдвое. Необходимо придать ускорение этой тенденции.

1.23 Вскоре начнется обсуждение темы борьбы с изменениями климата после 2008-12 гг. На основе политики, существующей в данной области, ожидается, что объемы выбросов диоксида углерода в Соединенном Королевстве составят примерно 135 млн. тонн углерода в 2020 г. (млн. т. углерода). Мы ожидаем, что запланированные сокращения составят 15-25 млн. т. углерода ниже вышеупомянутого уровня к 2020 г. Мы считаем, что достижение этих объемов возможно посредством сокращения потребления энергии в нашей стране, одновременно со значительным увеличением объема энергии, получаемой из возобновляемых источников. Представив четко и ясно намерения правительства в данной области, мы желаем дать сигнал компаниям начать инвестировать и помогать британским производителям опередить другие страны в создании «зеленых» технологий, которые, как мы ожидаем, будут играть значительную роль в обеспечении будущего процветания во всем мире.

1.24 Центральным элементом в будущих рамках для рынка и политики станет схема торговли лицензиями на выбросы углеродов. Мы уже ввели в действие добровольную схему в Соединенном Королевстве. Начиная с 2005 г. электростанции, НПЗ и другие отрасли промышленности будут охвачены более широкой схемой ЕС. Установление пределов («потолков») на выбросы в рамках этой схемы обеспечит стимулы для инвестирования в эффективное использование энергии и в более чистые технологии с наиболее низкими затратами. Мы будем поощрять расширение возможности такой торговли на всех уровнях. Мы будем сотрудничать с нашими партнерами из ЕС для обеспечения соответствующего охвата в рамках этой схемы в должное время. В дальнейшем мы рассмотрим вопросы связи между налогами и схемами торговли лицензиями на выбросы, по мере того как рамки схемы ЕС станут более четкими.

1.25 Сама по себе торговля лицензиями на выбросы, которую будет осуществлять Соединенное Королевство, не будет достаточна для

достижения наших целей в области защиты окружающей среды. Понадобится ввести дополнительные меры, например, стимулирование дальнейшего эффективного использования энергии в деловой деятельности, в общественном секторе и в домашних хозяйствах. Политика, нацеленная на увеличение эффективности использования энергии в продуктах и в зданиях, будет играть важную роль. Мы будем развивать существующие обязательства в отношении эффективности энергии, согласно которым поставщики газа и электричества должны поощрять домашних потребителей инвестировать в меры, такие как теплоизоляция для колодцевой кладки стен. Следующий пересмотр «Строительных норм и правил» будет проведен ранее намеченного срока, в 2005 г., для повышения стандартов эффективности использования энергии в новых и модернизируемых зданиях. Мы будем продвигать в Европе идею более высоких стандартов эффективности использования энергии в таких товарах как холодильники и персональные компьютеры. Мы будем поощрять улучшение эффективности и использование топлива с более меньшим содержанием углерода в транспортных средствах. Будут предоставлены дополнительные стимулы для использования энергии из возобновляемых источников и инвестиций в инфраструктуру посредством таких мер как капитальные субсидии и более высокий уровень поддержки в планировании. Мы увеличиваем финансирование для капитальных субсидий на возобновляемые источники энергии на 60 млн. фунтов стерлингов, вдобавок к 38 млн. дополнительных средств, объявленных в весеннем пересмотре правительственных расходов в 2002 г. Мы будем давать пример в общественном секторе в целом посредством улучшения эффективности использования энергии в зданиях и закупках.

1.26 Наша вторая задача заключается в **поддержании надежности поставок энергии в Соединенное Королевство**. В этой сфере требуются действия во многих направлениях. Нам необходимо иметь соответствующую инфраструктуру и регуляторную систему, а в ЕС – либерализованные энергетические рынки. Мы будем продолжать тесное международное сотрудничество для укрепления региональной стабильности и продвижения

экономических реформ в ключевых отраслях производства, расширения понимания функционирования рынков и условий, имеющих для непосредственных иностранных инвестиций, для облегчения дальнейших инвестиций в инфраструктуру в разных нефтегазодобывающих регионах мира.

1.27 На либерализованных рынках форвардные цены будут сигнализировать необходимость осуществления дальнейших инвестиций. Поставщики будут действовать в ответ на эти сигналы, и на основе их собственных оценок риска и возможностей введения инноваций и планирования с целью удовлетворения этих потребностей. В ответ на получаемые в настоящий момент рыночные сигналы одни компании уже запланировали увеличение импорта газа через наш трубопровод в Бельгию; другие рассматривают варианты хранения газа и создания новых объектов для импорта СПГ. Такое развитие событий поможет вселить уверенность в том, что рынок обеспечит инвестиции в мощности, необходимые для надежных поставок энергии.

1.28 В-третьих, мы полны решимости продвигать **конкурентоспособные энергетические рынки**, как в Соединенном Королевстве, так и за его пределами. Это поможет повысить устойчивые темпы экономического роста и обеспечить поддержку нашей конкурентоспособности благодаря надежной и недорогой энергии. Конкурентоспособный энергетический сектор важен для всей экономики в целом и для производительности. Поэтому необходимо обеспечить большую продуктивность ресурсов, чтобы наши компании использовали энергию более эффективно, сократить выбросы диоксида углерода и одновременно снизить затраты. Для достижения этих целей мы будем поощрять компании заниматься инновационными разработками и минимизировать расходы, а также предоставлять более качественные товары и услуги. Мы остаемся приверженными конкурентоспособным энергетическим рынкам, а также использованию рыночных инструментов для достижения целей нашей расширенной политики в области энергетики. Мы будем сотрудничать с бизнесами, чтобы помочь им подготовиться к экономике, основанной на меньших уровнях углерода и использовать предоставляемые ею возможности. Посредством

сети новых навыков в данном секторе мы будем сотрудничать с отраслью энергетики для развития навыков, которые ей требуются.

1.29 Нашей конечной целью является **обеспечение адекватного и недорогого отопления для каждого дома**. В 1996 51/2 млн. семей должны были тратить более 10% своих доходов на адекватное отопление жилья. Но сегодня снижение цен и увеличение социальных пособий помогли сократить их число примерно до 3 млн.

1.30 Наряду с нашей политикой по борьбе с бедностью, мы должны заняться проблемой старых, продуваемых насквозь домов с некачественной изоляцией, где большая часть затрат на энергию тратится впустую. В 2001 г., в стратегии по борьбе с «топливной нищетой» изложена политика, цель которой покончить с такой нищетой до 2010 г. В уязвимом жилом фонде Англии. В дальнейшем, к 2016-18, мы намерены, насколько это будет практично и разумно, добиться того, чтобы никто в Соединенном Королевстве не страдал от «топливной нищеты». Схемы предоставления дотаций (грантов) и приверженность к эффективному использованию энергии уже привели к улучшению положения в домах благодаря более качественной изоляции, более эффективному отоплению и уменьшению сквозняков. В последующие месяцы будет проведен пересмотр результатов данной политики для принятия решения о дополнительных мерах, необходимых для достижения наших целей в борьбе с «топливной нищетой».

Инновация фундаментальна...

1.31 Техническая инновация будет играть ключевую роль в создании фундамента наших задач и внедрения экономики с меньшим содержанием углерода при сохранении экономической эффективности. Мы будем поддерживать исследования, разработки и инновации для развития новых, долгосрочных вариантов, как, например, водородная экономика, и там, где необходимо создать условия для нарождающихся технологий, как, например, возобновляемые источники энергии и новые

энергосберегательные технологии. Исследовательские советы учредят новый национальный совет по исследованиям в области энергетики.

1.32 Мы будем работать посредством наших национальных программ, международного сотрудничества и многосторонних программ, чтобы обеспечить максимальный возврат вложенных средств. Мы будем работать совместно с нашими партнерами в «Большой восьмерке» и в ЕС, чтобы разработать технологии по предотвращению изменения климата, которые помогут нам добиться необходимых целевых показателей в области снижения уровня диоксида углерода и помочь другим странам, особенно в развивающемся мире, добиться своих целей.

Взгляд в будущее...

1.33 Нам надо подготовиться к появлению энергосистемы, которая, вероятно, будет значительно отличаться от существующей сегодня. Создание такой системы и инвестирование в нее станет задачей для рынка. Тем не менее, нам надо установить четкие цели и наметить стратегию, обеспечивающие рынку уверенность, возможности и чувство долгосрочной приверженности достижению этих целей. Наш подход основан на следующих ключевых принципах:

- _ инвестиции в энергетику обычно являются долгосрочными;
- _ самый дешевый, самый чистый и самый безопасный способ достижения наших целей – использовать меньше энергии. Мы должны добиться гораздо большей эффективности использования энергии в течение следующих 20 лет по сравнению с тем, что было достигнуто в течение двух последних десятилетий;
- _ хорошо запроектированный, прозрачный и открытый рынок энергоносителей станет наилучшим инструментом для достижения эффективных результатов. Там, где возможно, мы будем использовать рыночные инструменты для достижения поставленных нами целей. В частности, торговля лицензиями на выбросы будет центральным элементом на наших рынках энергии, начиная с 2005;

_ нам надо будет продолжать использовать торговлю лицензиями, а также другие меры для снижения уровня диоксида углерода, наряду со способами повышения эффективности использования энергии в домах, товарах и на транспорте;

- в национальных и местных электросетях, системах измерений и регуляторных схемах, созданных для крупномасштабных, централизованных электростанций понадобится в течение следующих 20 лет провести реструктуризацию для поддержания появления гораздо большего количества возобновляемых источников энергии и небольших, распределенных установок по выработке электроэнергии;

_ энергосистема будущего потребует большего участия регионов Англии и местных общин, в сочетании с системой планирования, которая больше содействует инвестициям в инфраструктуру и выработку электроэнергии новыми методами, в частности из возобновляемых источников энергии. Будут необходимы сильные связи с децентрализованными администрациями, которые уже полностью вовлечены в работу над целым рядом вопросов в области энергетики стране;

_ разнообразие – вот лучший способ защитить себя от перерывов в энергоснабжении, внезапного повышения цен, терроризма или других угроз безопасности поставок энергии. По мере роста импорта энергоносителей, нам будут нужны многочисленные источники, поставщики и трассы поставок. Международные отношения в Европе и во всем мире будут играть все большую роль в достижении наших общих целей в области энергетики;

_ мы будем искать наилучшие пути оказания влияния на результаты, опираясь на принцип более качественного регулирования, максимального использования рыночных и/или добровольных механизмов, продвижения хорошо запроектированных правил только в случае их явной необходимости. Где такое регулирование необходимо, мы будем работать над тем, чтобы в нем учитывалось воздействие на ключевых заинтересованных участников для снижения до минимума бремени, ложащегося на средний и малый бизнес, в особенности; и

_ при создании новой политики в области энергетики мы будем учитывать воздействие на цели нашей политики в данной сфере, в соответствии с нашим общим подходом к устойчивому развитию.

Долгосрочная стратегия...

1.34 Мы представили долгосрочные рамки для наших целей в следующих областях: защита окружающей среды, безопасность поставок, конкурентоспособность и социальная сфера. Так как сфера энергетики требует инвестиций, рассчитанных на очень значительные периоды, мы посмотрели в будущее, в 2050 г., для установления общего контекста. Мы провели пересмотр того, что должно быть достигнуто к 2020 г., чтобы обеспечить уверенность достаточно быстро продвижения в нужном направлении для достижения целей, установленных на 2050 г. Мы старались определить долгосрочное стратегическое видение для нашей политики в области энергетики. Мы изложили долгосрочные стратегии и, на их фоне, краткосрочную политику, которая выведет нас на нужный путь. Мы не пытались определить каждую деталь политики, которой мы должны следовать в течение следующих 20 лет и после этого срока. Это было бы нереалистично. Нам надо быть готовыми, в рамках твердого и четкого стратегического контекста, к пересмотру воздействия изменений в политике и в свете накопленного опыта актуализировать и корректировать подробные меры, установленные в политике в целом. Мы считаем, например, что технические инновации внесут важный вклад в реализацию нашей долгосрочной стратегии. Это создаст новые возможности, а также, вероятно, и новые вызовы, которые мы себе не можем представить в настоящее время. Мы должны быть готовы адаптировать и развивать нашу политику в свете этих возможностей, а также более широких перемен, происходящих в обществе. Мы усилим возможности нашей политики в области энергетики, включая годовые отчеты для общественности о продвижении наших целей и шагов, предпринимаемых для обеспечения того, что мы останемся на верном пути.

1.35 Этот документ не будет последним, важным стратегическим заявлением о политике в области энергетики. Тем не менее, в нем указывается направление и подчеркивается новая решимость осуществить очень значительные изменения, как в краткосрочном, так и в долгосрочном плане. Перед нами стоит гигантский вызов. Тем не менее, его придется принять, и мы считаем, что мы в состоянии это сделать.

Глава 1

Более чистая, более «разумная» энергия: политика для будущего с меньшим содержанием углерода: для новых вызовов потребуется новый подход. Мы установили цели нашей политики и принципы, которыми мы будем руководствоваться в области энергетики, основываясь на стремлении сократить на 60% выбросы диоксида углерода к 2050 г.

Глава 2

Окружающая среда: угроза изменения климата требует глобальных усилий, но мы в состоянии сократить выбросы диоксида углерода, одновременно сохраняя нашу конкурентоспособность, благодаря использованию рыночных механизмов, как, например, торговля лицензиями на выбросы.

Глава 3

Эффективное использование энергии может внести значительный вклад в сокращение выбросов диоксида углерода. Мы предлагаем инициировать действия по ужесточению «Строительных норм и правил», улучшению стандартов продукта и поощрению повышения эффективности использования энергии дома и в офисе.

Глава 4

Низкий уровень выработки диоксида углерода также может внести значительный вклад. Мы будем продолжать поддерживать использование возобновляемых источников энергии и когенерация, а также будем работать с Ofgem и другими ведомствами, чтобы рассмотреть бремя, ложащееся на генераторы с меньшими мощностями. Мы не предлагаем строительство новых АЭС, но и не исключаем такую возможность.

Глава 5

Транспорт: в краткосрочном плане нам необходимо сократить выбросы диоксида углерода, используя более эффективные транспортные средства, а в долгосрочном плане добиться этого используя топливо с меньшим содержанием углерода. Авиатранспорт, морской и железнодорожный транспорт также смогут внести свой вклад в достижение этой цели.

Глава 6

Необходимость обеспечить надежность энергоснабжения. Нам требуется безопасное энергоснабжение по предсказуемым ценам, обеспеченное рынком. Мы обсудили национальный и международный аспекты перехода в импортеры энергии, включая разнообразие источников энергии. У угля все еще есть будущее при использовании более «чистой» технологии.

Глава 7

Наша производительность и конкурентоспособность зависят от энергоснабжения, и в частности от конкурентоспособных цен на энергоносители, повышенной продуктивности ресурсов, продвижения предпринимательства, обеспечения наличия соответствующих навыков и знаний в области энергетики, поощрении инновации в данной области при помощи повышения затрат, а также инвестиции.

Глава 8

Энергия и уязвимые слои населения: слишком много людей в Соединенном Королевстве не могут позволить себе адекватное отопление жилья. Мы обязаны помочь им, и поддерживать население развивающихся стран, где нет легкого доступа к энергоснабжению.

Глава 9

Реализация этих целей должна осуществляться посредством партнерства с другими заинтересованными сторонами, включая «Децентрализованные администрации», регионы, местные власти и деловое сообщество.

**EK 20. “Yakıt Geleceğimiz: Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak” isimli Metnin
Almanca Çevirisi**

ENERGIE-WEISSBUCH

Zusammenfassung

Unsere Zukunft im Energiebereich - Schaffung einer kohlenstoffarmen Wirtschaft
Das britische Ministerium für Handel und Industrie (DTI) unterstützt unser aller Streben nach „Wohlstand für alle“, indem es das denkbar günstigste Umfeld für wirtschaftlichen Erfolg in Großbritannien schafft. Wir fördern Unternehmergeist, Innovation und Kreativität und helfen damit Menschen und Betrieben, ihre Produktivität zu steigern. Wir unterstützen britische Unternehmen im In- und Ausland. Wir investieren umfangreich in Wissenschaft und Technologie der Spitzenklasse. Wir schützen die Rechte der Arbeitnehmer und Verbraucher. Und wir setzen uns für faire und offene Märkte in Großbritannien, Europa und der ganzen Welt ein.

1.1 Unser Land braucht eine neue Energiepolitik. Trotz der in den vergangenen fünf Jahren erreichten Verbesserungen wird die Politik von heute den Herausforderungen von morgen nicht gerecht. Wir müssen den Gefahren des Klimawandels begegnen. Wir müssen die Folgen einer reduzierten Öl-, Gas- und Kohleproduktion in Großbritannien bewältigen, die dazu führen, dass wir von einem Nettoenergieeinfuhrland zu einem Nettoenergieausfuhrland werden. In den nächsten ca. 20 Jahren müssen wir unsere Energieinfrastruktur ersetzen oder modernisieren.

1.2 Mit diesen Herausforderungen entstehen aber auch neue Chancen: dass sich Großbritannien entschieden zu einer Volkswirtschaft mit geringem Kohlenstoffausstoß entwickelt; dass modernste Technologien entwickelt, eingesetzt und exportiert werden und dadurch neue Unternehmen und Arbeitsplätze entstehen; dass wir in Europa und auf internationaler Ebene Maßstäbe setzen für den Aufbau ökologisch nachhaltiger, zuverlässiger und wettbewerbsorientierter Energiemärkte zur Unterstützung des Wirtschaftswachstums in allen Teilen der Welt.

1.3 Für nahezu alles, was wir tun, ist Energie von fundamentaler Bedeutung. Wir erwarten, dass sie uns jederzeit zur Verfügung steht, preiswert und sicher ist sowie ökologisch nachhaltig erzeugt werden kann. Erst wenn etwas schief läuft, erkennen wir, in welchem Maße die modernen Industrieländer von extrem komplizierten Energiesystemen abhängen.

1.4 Vor diesem Hintergrund haben wir am 24. Februar ein Weißbuch mit dem Titel „*Unsere Zukunft im Energiebereich – Schaffung einer kohlenstoffarmen Wirtschaft*“ (*Our energy future – creating a low carbon economy*) veröffentlicht. Nachfolgend sind die wichtigsten Schlussfolgerungen zusammengefasst.

Herausforderungen, vor denen wir stehen...

1.5 Die erste Herausforderung betrifft die **Umwelt**. Klimawandel ist ein reales Phänomen. Die 1990er Jahre waren das wärmste Jahrzehnt seit Beginn der Statistiken. Wenn wir nichts unternehmen, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, wird sich die Temperatur auf der Erde aller Wahrscheinlichkeit nach schneller erhöhen als zu irgendeinem anderen Zeitpunkt in mindestens den vergangenen 10 000 Jahren. Es ist davon auszugehen, dass sich in Großbritannien die Gefahr von Trockenheit und Überschwemmungen erhöht. Der Meeresspiegel wird steigen, sodass gegen Ende des Jahrhunderts extreme Sauberere, intelligentere Energie: Maßnahmen für eine kohlenstoffarme Zukunft Hochwasserstände in einigen Gebieten an der Ostküste 10- bis 20mal häufiger auftreten könnten. Die schlimmsten Folgen der Klimaänderung können jedoch abgewendet werden, wenn die Treibhausgaswerte in der Atmosphäre stabilisiert werden, anstatt sie weiter steigen zu lassen. In dieser Hinsicht muss noch viel mehr getan werden. Großbritannien wird hier weiterhin richtungweisend sein, kann dieses Problem aber nicht alleine lösen. Die britischen CO₂-Emissionen machen nur etwa 2 % des globalen Gesamtausstoßes aus. Erforderlich sind konzertierte internationale Anstrengungen. Mit anderen Ländern werden wir weiterhin darauf hinarbeiten, einen Konsens über die Notwendigkeit eines Wandels sowie über feste Zusagen zur Ergreifung von Maßnahmen für eine weltweite Reduzierung der Kohlenstoffemissionen im Rahmen des UNFCCC1 zu erreichen. Dieses Ziel verlangt aber auch das Engagement der internationalen

Gemeinschaft. Wir müssen unsere Kenntnisse über Klimaveränderungen vertiefen. Wir investieren in die Klimawandel- Forschung, um unseren Erkenntnissen ein solides Fundament zu geben.

1.6 Wir wollen, dass die entwickelten Wirtschaftsländer dieser Welt ihre Treibhausgasemissionen bis etwa 2050 um 60 % verringern. Wir wollen die Weichen stellen, um in Großbritannien bis ca. 2050 die CO₂-Emissionen um rund 60 % gegenüber den derzeitigen Werten zu reduzieren. Bisher hat unsere Energiepolitik den Umweltproblemen nicht genügend Beachtung geschenkt. Unsere neue Politik wird gewährleisten, dass die Aspekte Energie, Umwelt und Wirtschaftswachstum richtig und nachhaltig in ein Gesamtkonzept integriert werden.

1.7 Eine 60%ige Herabsetzung der Emissionen bis 2050 können wir auf verschiedene Weise erreichen. Entsprechende Maßnahmen bis auf die letzte Minute aufzuschieben, kommt ernsthaft nicht in Frage. Wenn wir jetzt keinen Anfang machen, werden später drastischere, eingreifendere und kostspieligere Änderungen erforderlich. Wir müssen frühzeitig und gut durchdacht handeln, um einen Rahmen zu schaffen, der es den Unternehmen und der Wirtschaft ganz allgemein – auch im Hinblick auf das Arbeitsplatz- und Arbeitskräfteangebot – ermöglicht, sich auf diesen notwendigen Wandel einzustellen und neue Technologien zu fördern.

1.8 Wir haben die Konsequenzen, die sich für die britische Wirtschaft aus einer Reduzierung der Emissionen um 60 % bis 2050 voraussichtlich ergeben, sorgfältig untersucht. Nach unserer Analyse wären die Kosten für eine wirksame Bekämpfung der Klimaänderung sehr gering: sie beliefen sich auf nur 0,5 % - 2 % unseres BIP im Jahr 2050, das sich zu diesem Zeitpunkt gegenüber dem heutigen Stand verdreifacht haben wird.

1.9 Die zweite Herausforderung besteht im **Schwund der eigenen Energieträger Großbritanniens** - Öl, Gas, Kernenergie und Kohle. Der Großteil der unter Tage wirtschaftlich rentabel abgebauten Kohlevorkommen in Großbritannien wird in den nächsten zehn Jahren erschöpft sein. Ab etwa 2006 wird es außerdem zu einem Einfuhrüberschuss bei Gas und ab etwa 2010 bei Öl kommen. Es besteht

die Möglichkeit, dass ab 2020 drei Viertel unseres gesamten Primärenergiebedarfs durch importierte Energie gedeckt werden müssen.

1.10 Mit unserer Entwicklung zu einem Nettoeinfuhrland sind wir potenziell in größerem Maße Preisschwankungen und Versorgungsunterbrechungen infolge Versagens des Regulierungsmechanismus, politischer Instabilität oder Konflikte in anderen Teilen der Welt ausgesetzt. Energieeinfuhr bedeutet jedoch nicht zwangsläufig, dass die Sicherung der Energieversorgung schwieriger wird. Unter den führenden Industrienationen verzeichnen lediglich Kanada und Großbritannien im Energiebereich einen Nettoausfuhrüberschuss. Alle anderen haben selbst als Energieimporteure Wirtschaftswachstum erzielt. Auch wir können das schaffen, genauso wie dies in der Zeit vor dem Nordsee-Öl und -Gas der Fall war. Die Verlässlichkeit der Energieversorgung lässt sich am besten durch Energievielfalt erhalten. Wir brauchen diversifizierte Energiequellen, -lieferanten und -versorgungswege. Erneuerbare Energieträger und kleinere, über viele Standorte verteilte Energiequellen wie etwa Blockheizkraftwerke und Brennstoffzellen können dazu beitragen, dass wir nicht übermäßig von Importen abhängig werden und in geringerem Maße in unserer Sicherheit bedroht sind.

1.11 Norwegen wird im nächsten Jahrzehnt unsere Hauptbezugsquelle für Gas sein. Wir müssen uns außerdem nach Lieferungen aus anderen Gebieten umsehen, zum Beispiel aus Russland, dem Nahen Osten, Nordafrika und Lateinamerika. Aus diesem Handel werden sich gegenseitige Abhängigkeitsverhältnisse ergeben – die von dort gelieferte Energie ist genauso wichtig für uns wie der von uns gezahlte Preis wichtig für die dortige Wertschöpfung ist. Diese zunehmende gegenseitige Abhängigkeit bedeutet auch, dass die Sicherung zuverlässiger Energieversorgung ein immer wichtigerer Bestandteil unserer Europa- und Außenpolitik werden muss. Wir werden uns auf internationaler Ebene für regionale Stabilität, Wirtschaftsreform, offene und wettbewerbsorientierte Märkte und geeignete Umweltmaßnahmen in den Regionen einsetzen, die einen Großteil der Welt mit Öl und Gas beliefern. Wir haben eine Zusage erreicht, die EU im Energiebereich für industrielle Kunden bis 2004 und insgesamt bis 2007 zu liberalisieren. Dies ist entscheidend, damit wir unseren eigenen Zugang zu diversifizierten Versorgungsquellen verbessern und britischen Unternehmen die

Teilnahme am Wettbewerb auf anderen Märkten ermöglichen können. 1.12 Die dritte Herausforderung ergibt sich aus der Notwendigkeit zur **Modernisierung eines Großteils der Energieinfrastruktur Großbritanniens** im Laufe der nächsten zwei Jahrzehnte. In den 1990er Jahren wurden erhebliche Investitionen im Bereich der Erzeugungskapazität vorgenommen, insbesondere bei gasbefeuerten Anlagen. Ein Teil dieser Einrichtungen wurde mittlerweile stillgelegt, und das Interesse am Bau neuer Werke ist – so weit es nicht um erneuerbare Energien geht – zurückgegangen. Es stehen aber noch weitere Änderungen bevor. Europäische Maßnahmen zur Begrenzung der Kohlenstoffemissionen und zur Verbesserung der Luftqualität werden voraussichtlich die Modernisierung oder Stilllegung der meisten älteren Kohlekraftwerke erzwingen. Und wenn keine neuen Atomkraftwerke gebaut werden oder die Betriebsdauer älterer Anlagen verlängert wird, wird der Anteil der Kernenergie an der Stromerzeugung gegenüber den derzeitigen Werten schrumpfen: im Jahre 2025 wäre dann nur noch ein Reaktor in Betrieb. Da wir dem Klimawandel entgegenwirken wollen, wird sich die Bedeutung erneuerbarer Energieträger für die Stromerzeugung erhöhen.

1.13 In den nächsten Jahren werden erhebliche Investitionen in anderen Segmenten unserer Energieinfrastruktur benötigt. Die Stromverteilungsnetze werden an den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien und kleiner dezentralisierter Stromerzeugungsanlagen im Wohn- und Geschäftsbereich angepasst werden müssen. Wir brauchen zusätzliche Anschlüsse sowohl an Leitungsgas als auch an Flüssigerdgas verschiedenster Herkunft. Langfristig werden, wenn wir potenziell zu anderen Kraftstoffen für Fahrzeuge übergehen wie zum Beispiel komprimiertes Erdgas oder Wasserstoff, auch bedeutende Investitionen in der Kraftstoffdistributionsinfrastruktur auf uns zukommen.

Zielsetzung unserer neuen Energiepolitik...

1.14 Wir begegnen diesen drei Herausforderungen, indem wir uns für unsere Energiepolitik vier Ziele setzen:

_ Einleitung einer Entwicklung, die CO₂-Emissionen in Großbritannien bis 2050 um rund 60 % zu senken, wobei bis 2020 echte Fortschritte erzielt werden sollen;

- _ Aufrechterhaltung der Zuverlässigkeit der Energieversorgung;
- _ Förderung wettbewerbsorientierter Märkte in Großbritannien und anderenorts im Hinblick auf das Ziel, das Tempo nachhaltigen Wirtschaftswachstums zu erhöhen und unsere Produktivität zu steigern; und
- _ Sicherstellung, dass jedes Heim ausreichend und zu erschwinglichen Kosten beheizt werden kann.

1.15 Wir glauben, dass diese vier Ziele gemeinsam erreicht werden können. So weit wie möglich werden wir dafür sorgen, dass zur Verwirklichung unserer Zielsetzung die Rahmenbedingungen des Marktes und die politischen Instrumente einander verstärkend zusammenwirken. Energiesparmaßnahmen sind wahrscheinlich der kostengünstigste, sicherste Weg zur Realisierung aller vier Ziele. Auch erneuerbare Energie wird eine bedeutende Rolle bei der Herabsetzung der Kohlenstoffemissionen spielen und gleichzeitig durch die Entwicklung saubererer Technologien, Produkte und Verfahren zu einer Erhöhung der Energiesicherheit und zu einer Verbesserung unserer industriellen Konkurrenzfähigkeit führen.

1.16 Unweigerlich werden die verschiedenen Ziele mitunter in einem Spannungsverhältnis zueinander stehen. Einen einfachen Mechanismus für eine relative Gewichtung der einzelnen Zwecke gibt es nicht. Wir lassen uns bei unserem Ansatz jedoch von folgenden Erwägungen leiten:

- _ Eine signifikant schädliche Klimaveränderung ist eine ökologische Gefahrenlinie, die nicht überschritten werden sollte. Wir müssen Großbritannien auf Kurs halten, die CO₂-Emissionen bis 2050 um 60 % zu senken.
- _ Eine verlässliche Energieversorgung ist für die Wirtschaft als Ganzes und für eine nachhaltige Entwicklung von grundlegender Bedeutung. Sowohl kurzfristig als auch langfristig muss jederzeit ein angemessenes Niveau von Energiesicherheit bestehen.
- _ Liberalisierte und wettbewerbsorientierte Märkte werden weiterhin einen Eckpfeiler unserer Energiepolitik darstellen. Soweit der Markt allein nicht die richtigen Signale aussenden kann, werden wir Maßnahmen ergreifen, die Wirtschaft zu Innovation und Entwicklung neuer Chancen anzuregen, um das von uns gewünschte Ergebnis zu erreichen.

_ Unsere Politik muss die Konsequenzen für alle Bereiche der Gesellschaft berücksichtigen. Erforderlich sind spezielle Maßnahmen für bestimmte Personengruppen, zum Beispiel Unterstützung für diejenigen, für die Energiekosten eine unverhältnismäßig hohe Belastung darstellen.

Brennstoffmix...

1.17 Wir gedenken nicht, Zielvorgaben für den jeweiligen Anteil der einzelnen Energieträger an der gesamten Energie- bzw. Stromversorgung zu setzen. Wir glauben nicht, dass der Staat gerüstet ist, die Zusammensetzung des Brennstoffmixes entscheiden zu können. Wir ziehen es daher vor, Marktrahmenbedingungen

– flankiert von langfristigen politischen Maßnahmen
– zu schaffen, die für Investoren, Unternehmen und Verbraucher die richtigen Anreize geben, eine ausgewogene Lösung für die effektivste Verwirklichung unserer übergeordneten Ziele zu finden.

1.18 Uns ist bewusst, dass dieser Ansatz für sich allein nicht ausreicht. Insbesondere sind konkrete Maßnahmen erforderlich, um im Bereich der erneuerbaren Energien ein Wachstum zu stimulieren, das es dem Sektor ermöglicht, die für eine erhebliche Kostensenkung erforderliche Größenordnung und das dafür notwendige Maß an Ausgereiftheit zu erreichen. Im Januar 2000 hatten wir als unser Ziel bekannt gegeben, 10 % der britischen Stromversorgung im Jahre 2010 durch erneuerbare Energieträger zu decken unter der Voraussetzung, dass die Kosten für die Verbraucher annehmbar sind. Im April 2000 haben wir eine Verpflichtung bezüglich erneuerbarer Energie eingeführt. Wir haben erneuerbare Energieträger von der Klimaänderungsabgabe befreit. Auf diese Weise erhält die Branche bis 2010 Unterstützung im Werte von rund 1 Mrd. Pfund Sterling pro Jahr. Hierdurch soll die erforderliche Expansion der Alternativenergien bis zu dem genannten Zeitpunkt erreicht werden. Heute streben wir an, den Anteil erneuerbarer Energieträger an der Stromerzeugung in dem darauf folgenden Jahrzehnt zu verdoppeln.

1.19 Die Herabsetzung der CO₂-Emissionen wollen wir vor allem durch verstärkte Energieeffizienz und einen höheren Anteil der erneuerbaren

Energieträger herbeiführen. Diese Maßnahmen werden in den nächsten 20 Jahren weitaus mehr bewirken müssen als bisher. Wir glauben, dass ein solch ehrgeiziges Ziel erreichbar, seine Verwirklichung aber ungewiss ist.

1.20 Kernkraft ist derzeit eine wichtige Quelle für ohne Kohlenstoffausstoß erzeugten Strom. Auf Grund der gegenwärtig gegebenen Unwirtschaftlichkeit dieses Energieträgers ist er jedoch wenig attraktiv für die Schaffung neuer, kohlenstofffreier Erzeugungskapazitäten. Außerdem müssen bedeutende Entsorgungsfragen gelöst werden, einschließlich Altlasten und Abfall, der weiterhin aus anderen Quellen entsteht. Wir machen keine konkreten Vorschläge für den Bau neuer Atomkraftwerke. Wir schließen andererseits aber die Möglichkeit nicht aus, dass zu irgendeinem Zeitpunkt in der Zukunft Reaktorneubauten erforderlich sein mögen, wenn wir unsere Vorgabe bezüglich Kohlenstoff erfüllen wollen. Vor einer Entscheidung über den Bau neuer Anlagen bedarf es jedoch der denkbar umfassendsten öffentlichen Konsultationen sowie der Veröffentlichung eines weiteren Weißbuches mit unseren Vorschlägen.

1.21 Auch Kohlekraftwerke werden eine wichtige Rolle bei der Ausweitung der Energievielfalt zu spielen haben, vorausgesetzt es lassen sich Wege für eine wesentliche Reduzierung der Kohlenstoffemissionen finden. Wir werden weiterhin entsprechende Forschungsprojekte zur Entwicklung von Möglichkeiten für sauberere Kohletechnologien sowie für das Auffangen und Lagern von Kohlenstoff fördern. Die inländische Kohleproduktion wird voraussichtlich weiterhin zurückgehen, da die vorhandenen Gruben das Ende ihrer geologischen und wirtschaftlichen Nutzbarkeit erreicht haben. Wir werden ein Investitionshilfeprogramm auflegen, um existierenden Zechen die Erschließung neuer Vorkommen zu ermöglichen, soweit dies rentabel ist und zur Sicherung von Arbeitsplätzen beiträgt.

So erreichen wir unsere Ziele...

1.22 Um unser Ziel einer **Reduzierung der Kohlenstoffemissionen** zu erreichen, müssen wir weiterhin Wirtschaftswachstum einerseits und Energieverbrauch und Umweltverschmutzung andererseits voneinander abkoppeln. Seit 1970 ist der Energieverbrauch in Großbritannien insgesamt um rund 10 % gestiegen, während

sich der Umfang der Volkswirtschaft verdoppelt hat. Diesen Trend müssen wir verstärken.

1.23 Die Debatte über die Bekämpfung des Klimawandels nach 2008-12 wird bald beginnen. Auf der Grundlage der bestehenden Maßnahmen gehen wir für das Jahr 2020 von CO₂-Emissionen in Großbritannien in Höhe von rund 135 Millionen Tonnen Kohlenstoff (MtC) aus. Voraussichtlich werden wir eine Minderung des Kohlenstoffausstoßes um 15-25 MtC unter diesem Wert bis 2020 anstreben. Wir glauben, dass dies durch Einsparungen im Energieverbrauch gekoppelt mit einer wesentlich stärkeren Nutzung erneuerbarer Energien möglich sein wird. Durch klare Darstellung unserer Absichten sind wir bestrebt, den Unternehmen die für eine Investitionsentscheidung notwendigen Signale zu geben – und den britischen Herstellern zu ermöglichen, bei der Entwicklung grüner Technologien, die unseren Erwartungen nach eine große Rolle für den zukünftigen Wohlstand der Welt spielen werden, einen Vorsprung zu gewinnen.

1.24 Im Mittelpunkt des zukünftigen Markt- und Politikrahmens wird ein Handelssystem für Kohlenstoffemissionen stehen. Wir haben in Großbritannien bereits unser eigenes freiwilliges Handelskonzept gestartet. Wir gehen davon aus, dass ab 2005 Stromerzeuger, Ölraffinerien und andere Wirtschaftszweige an einem wesentlich umfangreicheren EU-weiten Programm teilnehmen werden. Im Rahmen dieser Regelung werden durch die Festsetzung von Emissionsbegrenzungen deutliche Investitionsanreize für Energieeffizienz und sauberere Technologien zu günstigsten Kosten gesetzt. Wir werden erweiterte Handelschancen auf allen Ebenen fördern. Wir werden zu gegebener Zeit gemeinsam mit unseren EU-Partnern an einer Erweiterung des Anwendungsbereiches des EU-Konzepts arbeiten. Die Fragen, die sich daraus ergeben, dass übertragbare Genehmigungen an eine Steuer gekoppelt werden sollen, werden wir näher prüfen, wenn das EU-Programm klarere Konturen gewonnen hat.

1.25 Emissionshandel allein wird aber zur Erreichung unserer Umweltziele nicht ausreichen. Erforderlich sind zusätzliche Instrumente, um zum Beispiel Energieeinsparungen in der Wirtschaft, im öffentlichen Sektor und im privaten Bereich weiter zu stimulieren. Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz

von Produkten und Gebäuden werden eine bedeutende Rolle spielen. Wir werden die derzeitige Energieeinsparungszusage erweitern, wonach Strom- und Gasversorger verpflichtet sind, ihre Privatkunden zu Investitionen für Maßnahmen wie etwa Hohlwandwärmedämmung anzuhalten. Wir wollen die nächste Novellierung der Bauordnung auf das Jahr 2005 vorziehen, um die Anforderungen an Energieeffizienz in neuen Gebäuden und bei Sanierungen zu erhöhen. Auf europäischer Ebene wollen wir auf höhere Energiesparwerte bei Handelsgütern wie etwa Kühlschränken und PCs drängen. Im Verkehrsbereich wollen wir Verbesserungen beim Kraftstoffverbrauch und bei der Verwendung von kohlenstoffarmen Energieträgern veranlassen. Wir werden erneuerbare Energie und Infrastrukturinvestitionen weiter fördern durch Maßnahmen wie etwa Kapitalhilfen und eine entgegenkommendere Haltung bei der Raumplanung. Die Mittel für Zuschüsse zu erneuerbaren Energien werden um 60 Millionen Pfund Sterling aufgestockt, und zwar ergänzend zu den 38 Millionen Pfund Sterling, die in der Ausgabenrevision 2002 als zusätzliche Finanzierung angekündigt wurden. Im öffentlichen Sektor werden wir mit gutem Beispiel vorangehen, indem wir die Energieeffizienz von Gebäuden und bei der Beschaffung erhöhen.

1.26 Unser zweites Ziel besteht darin, die **Zuverlässigkeit der britischen Energieversorgung** aufrechtzuerhalten. Dies erzeugt Handlungsbedarf in vielerlei Richtung. Wir brauchen die richtige Infrastruktur und ein geeignetes Regulierungssystem im Inland sowie liberalisierte Energiemärkte in der EU. Wir werden engere internationale Beziehungen knüpfen, um regionale Stabilität und Wirtschaftsreformen in wichtigen Produktionsgebieten, gegenseitiges Verständnis für die Funktionsweise der Märkte sowie die Voraussetzungen für Direktinvestitionen aus dem Ausland und auf diese Weise weitere Infrastrukturinvestitionen in den verschiedenen Gas- und Ölregionen der Welt zu fördern.

1.27 In liberalisierten Märkten werden Terminpreise den zukünftigen Investitionsbedarf signalisieren. Die Versorger werden auf diese Signale reagieren und auf Grund ihrer eigenen Einschätzungen des Risikos und der Chancen innovativ tätig werden und die Deckung dieses Bedarfs einplanen. Auf Grund der derzeitigen Marktsignale planen einige Unternehmen bereits heute die Erhöhung

der Gaseinfuhren durch unsere Pipeline nach Belgien; andere wiederum untersuchen Möglichkeiten zur Lagerung von Gas sowie zur Einfuhr von verflüssigtem Erdgas. Diese Entwicklungen tragen zu der Gewissheit bei, dass der Markt in die Kapazitäten investieren wird, die wir für eine zuverlässige Energieversorgung benötigen.

1.28 Drittens sind wir entschlossen, **wettbewerbsorientierte Energiemärkte** in Großbritannien und anderenorts zu fördern. Dadurch wird es möglich, das Tempo des Wirtschaftswachstums nachhaltig zu erhöhen und unsere Wettbewerbsstellung durch zuverlässige und erschwingliche Energie zu verbessern. Ein kostengünstiger Energiesektor ist wichtig für die Konkurrenzfähigkeit und Produktivität der gesamten Volkswirtschaft. Die Ressourcenproduktivität in den Unternehmen muss sich erhöhen, damit unsere Betriebe Energie effizienter nutzen, CO₂-Emissionen mindern und gleichzeitig die Kosten senken. Zu diesem Zweck werden wir Firmen zu Innovation, Kostenminimierung und Qualitätserhöhung der angebotenen Waren und Dienstleistungen anhalten. Wir werden uns weiterhin für wettbewerbsorientierte Energiemärkte einsetzen und unsere übergeordneten energiepolitischen Ziele mit Hilfe von Marktinstrumenten verfolgen. Wir wollen mit den Unternehmen zusammenarbeiten und ihnen dabei helfen, sich auf die kohlenstoffarme Wirtschaft vorzubereiten und die damit verbundenen Chancen zu nutzen. Über unser neues so genanntes „Sector Skills Network“ werden wir gemeinsam mit der Energiewirtschaft den in dem Sektor benötigten Fachkräftebestand aufbauen.

1.29 Schließlich wollen wir sicherstellen, **dass jedes Heim ausreichend und zu erschwinglichen Kosten beheizt werden kann**. 1996 mussten 51.2 Millionen Haushalte mehr als 10 % ihres Einkommens für die angemessene Beheizung der Wohnung aufwenden. Schon jetzt haben sinkende Preise und höhere Sozialhilfeleistungen dazu beigetragen, ihre Anzahl auf rund 3 Millionen zu verringern.

1.30 Parallel zu unseren Maßnahmen zum Abbau von Armut müssen wir das Problem alter, schlecht isolierter, zugiger Wohnhäuser lösen, in denen ein Großteil der Energieausgaben verschwendet wird. In unserer 2001 erarbeiteten Strategie zu Bekämpfung von Heizstoffnot sind Maßnahmen dargelegt, die

Heizstoffnot in sozial schwachen Haushalten in England bis 2010 abzuschaffen. Ferner streben wir an, das 2016-18 so weit wie praktisch möglich niemand in Großbritannien mehr unter Heizstoffnot leiden muss. Zuschussregelungen und die Energieeinsparungszusage bewirken bereits, dass sich die Energiesituation in Wohnungen durch wirkungsvollere Wärmedämmung, effizientere Heizanlagen sowie Abdichtungsmaßnahmen verbessert. Wir werden später in diesem Jahr die Ergebnisse dieser Politik überprüfen und entscheiden, was darüber hinaus unternommen werden muss, um unsere Ziele bezüglich der Heizstoffnot zu erreichen.

Innovation als Grundvoraussetzung...

1.31 Wenn es darum geht, unsere Zielsetzung zu untermauern und eine kohlenstoffarme Wirtschaftsweise kostengünstig herbeizuführen, wird technische Innovation eine Schlüsselrolle zu spielen haben. Wir werden Forschung, Entwicklung und Innovation unterstützen, um die Entwicklung neuer langfristiger Optionen wie zum Beispiel die Nutzung von Wasserstoff in der Wirtschaft zu fördern und gegebenenfalls im Aufbau befindliche Technologien wie erneuerbare Energie sowie neue Energieeffizienztechniken zu stärken. Die Forschungsbeiräte werden ein neues nationales Energieforschungszentrum einrichten.

1.32 Durch unsere nationalen Programme, durch internationale Zusammenarbeit und durch multilaterale Programme werden wir die Voraussetzungen dafür schaffen, dass wir aus unserer Teilnahme maximalen Gewinn ziehen. Gemeinsam mit unseren G8- und EU-Partnern arbeiten wir an der Entwicklung von Klimawandeltechnologien, die uns helfen sollen, unsere Zielvorstellung für die Verringerung des Kohlenstoffausstoßes zu verwirklichen, und die anderen, insbesondere Entwicklungsländern, die Erreichung ihrer Ziele ermöglichen können.

Blick in die Zukunft...

1.33 Wir müssen uns auf ein Energiekonzept einstellen, das sich von dem heutigen wahrscheinlich wesentlich unterscheiden wird. Die Entwicklung dieses Konzepts und die Investitionen dafür bleiben dem Markt überlassen. Wir müssen

jedoch klare Ziele setzen und eine Strategie vorgeben, innerhalb derer der Markt die entsprechend erforderliche Zuversicht, die Fähigkeit und das Gefühl langfristigen Engagements entwickelt. Unser Ansatz stützt sich auf die folgenden Grundsätze:

- _ Energieinvestitionen erfolgen generell langfristig;
- _ der preiswerteste, sauberste und sicherste Weg, all unsere Ziele zu erreichen, ist ein geringerer Energieverbrauch. Wir müssen die Energieeffizienz in den nächsten 20 Jahren weitaus mehr erhöhen als in den vergangenen 20 Jahren;
- _ ein gut konzipierter, transparenter und offener Energiemarkt ist der beste Weg zur Erreichung effizienter Resultate. Wann immer möglich werden wir zur Verwirklichung unserer Ziele Marktinstrumente einsetzen. Insbesondere der Emissionshandel wird von 2005 an im Mittelpunkt unserer Energiemärkte stehen;
- _ neben dem Handel müssen wir weiterhin andere Maßnahmen zur Reduzierung des Kohlenstoffausstoßes sowie zur Erhöhung der Energieeffizienz von Wohnungen, Produkten und im Verkehr verfolgen;
- _ die landesweiten und örtlichen Stromnetze, Zählereinrichtungen und die Vorschriften, die für ein Umfeld großer, zentralisierter Kraftwerke ausgelegt sind, müssen in den nächsten 20 Jahren umstrukturiert werden, um die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien und kleiner, an zahlreichen Standorten verteilter Stromerzeugungsanlagen zu ermöglichen;
- _ das zukünftige Energiesystem verlangt eine stärkere Beteiligung der englischen Regionen und der Kommunen; komplementär hierzu bedarf es Planungsvorschriften, die Investitionen in Infrastruktur und neue Elektrizitätswerke, insbesondere unter Nutzung erneuerbarer Energieträger, stärker entgegenkommen. Enge Beziehungen zu den eigenständigen Regionaladministrationen in Schottland und Wales, die bereits in eine Vielzahl von Energiefragen umfassend eingebunden sind, werden weiterhin von entscheidender Bedeutung sein;
- _ Energievielfalt ist der beste Weg, uns gegen Versorgungsunterbrechungen, plötzliche Preiserhöhungen, Terrorismus und sonstige Sicherheitsbedrohungen zu schützen. Da wir ein Nettoenergieeinfuhrland werden, brauchen wir eine Vielzahl von Quellen, Lieferanten und Versorgungswegen. Internationale Beziehungen in

Europa und weltweit erlangen zunehmend Bedeutung für die Erreichung unserer übergeordneten Energieziele;

_ wir werden die besten Wege zur Erzielung von Resultaten suchen und dabei die Grundsätze beachten, dass die Qualität der Vorschriften verbessert werden muss, dass in möglichst weitem Umfang marktgestützte bzw. freiwillige Mechanismen eingesetzt werden sollen und dass Vorschriften nur dann erlassen werden dürfen, wenn sie eindeutig notwendig und gut konzipiert sind. So weit Vorschriften erforderlich sind, werden wir uns bemühen, die Konsequenzen für die maßgeblich Beteiligten zu berücksichtigen, damit die Belastung insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen auf ein Minimum beschränkt bleibt; und

_ bei der Ausgestaltung neuer Energiemaßnahmen werden wir deren Auswirkungen auf alle unsere energiepolitischen Ziele entsprechend unserem übergeordneten Ansatz der nachhaltigen Entwicklung berücksichtigen.

Langfristige Strategie...

1.34 Wir haben einen langfristigen Rahmen zur Erreichung unserer Ziele bezüglich Umwelt, Versorgungssicherheit, Wettbewerbsfähigkeit und Sozialpolitik gesetzt. Da im Energiebereich Investitionen auf sehr lange Sicht erforderlich sind, erstreckt sich der Gesamtzusammenhang unserer Überlegungen bis in das Jahr 2050. Wir haben geprüft, was wir bis 2020 erreichen müssen, um zuversichtlich sein zu können, dass wir uns in die richtige Richtung und schnell genug bewegen, um unsere Ziele für 2050 verwirklichen zu können. Wir haben uns bemüht, eine strategische Langzeitvision für Energiepolitik zu entwerfen. Wir haben langfristige Strategien und vor diesem Hintergrund kurzfristige Maßnahmen entwickelt und damit die erforderliche Weichenstellung vorgenommen. Es war nicht unserer Absicht, jedes Detail der Instrumente festzulegen, die wir in den nächsten 20 Jahren und darüber hinaus einsetzen müssen: Das wäre unrealistisch. Wir müssen bereit sein, innerhalb eines festen und klaren strategischen Rahmens die Folgen eines Politikwandels zu überprüfen sowie unsere detaillierten politischen Maßnahmen im Lichte der gewonnenen Erfahrungen zu aktualisieren und zu ändern. So sind wir zum Beispiel der Überzeugung, dass technische Innovation einen bedeutenden Beitrag zur

Verwirklichung unserer langfristigen Vision zu leisten haben wird. Das wird neue Chancen, möglicherweise aber auch neue Herausforderungen mit sich bringen, die wir uns heute noch nicht vorstellen können. Wir müssen die Bereitschaft zeigen, unsere Politik diesen Chancen und dem allgemeinen gesellschaftlichen Wandel entsprechend anzupassen und weiterzuentwickeln. Wir werden unser energiepolitisches Instrumentarium verbessern; hierzu gehören öffentliche Jahresberichte über die bei der Erreichung unserer Absichten erzielten Fortschritte sowie über die Schritte, die wir unternommen haben, um sicherzustellen, dass wir auf dem richtigen Weg bleiben.

1.35 Das vorliegende Weißbuch wird nicht die letzte strategische Erklärung zur Energiepolitik sein. Es weist jedoch in eine neue Richtung und bezeugt eine neue Entschlossenheit, sowohl auf kurze als auch auf lange Sicht ganz erhebliche Änderungen herbeizuführen. Das bedeutet eine gewaltige Herausforderung, jedoch auch eine Aufgabe, die wir bewältigen müssen und unserer Überzeugung nach auch bewältigen können.

Kapitel 1

Sauberere, intelligentere Energie: Maßnahmen für eine kohlenstoffarme Zukunft: neue Herausforderungen erfordern einen neuen Ansatz. Wir legen die für uns richtungweisenden energiepolitischen Ziele und Prinzipien dar, denen zu Grunde liegt, auf eine Reduzierung der CO₂-Emissionen bis 2050 um 60% hinzuarbeiten.

Kapitel 2

Umwelt: Die drohende Klimaveränderung erfordert globales Handeln; wir können jedoch unsere CO₂-Emissionen herabsetzen und gleichzeitig unsere Konkurrenzfähigkeit durch Marktmechanismen wie Emissionshandel erhalten.

Kapitel 3

Energieeffizienz kann einen bedeutenden Beitrag zur Minderung des Kohlenstoffausstoßes leisten. Wir schlagen Maßnahmen zur Verschärfung der Bauordnung, Verbesserung der Produkteigenschaften und zur Förderung größerer Energieeffizienz in Privatwohnungen und Büroräumen vor.

Kapitel 4

Auch die Verwendung kohlenstoffarmer Energieträger bei der Stromerzeugung kann Wesentliches bewirken. Wir werden weiterhin erneuerbare Energie und KWK fördern sowie gemeinsam mit der britischen Energieregulierungsbehörde und anderen Stellen auf eine Entlastung der kleinen Erzeuger hinarbeiten. Wir schlagen den Neubau von Kernreaktoren weder vor noch schließen wir ihn aus.

Kapitel 5

Verkehr: Wir müssen die Kohlenstoffemissionen kurzfristig durch verbesserte Fahrzeuge und langfristig durch kohlenstoffärmere Kraftstoffe senken; auch Luft-, Schiffs- und Schienenverkehr kann hier einen Beitrag leisten.

Kapitel 6

Energiezuverlässigkeit ist von entscheidender Bedeutung. Wir brauchen Energiesicherheit zu vorhersehbaren Preisen im gesamten Markt. Wir erörtern die nationalen und internationalen Dimensionen der Entwicklung zu einem Energieeinfuhrland, einschließlich Energievielfalt. Kohle hat – bei Einsatz saubererer Kohletechnik – weiterhin eine Zukunft.

Kapitel 7

Unsere Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit hängen von Energie ab und insbesondere von kostengünstigen Energiepreisen, höherer Ressourcenproduktivität, Unternehmensförderung, Sicherstellung des richtigen Fachkräfteangebots im Energiesektor, Förderung von Innovation im Energiebereich mit entsprechend höherem Finanzaufwand sowie Investitionsförderung.

Kapitel 8

Energie und die sozial Schwachen: Zu viele Menschen in Großbritannien können sich nicht die Energie leisten, die sie zur ausreichenden Beheizung ihrer Wohnungen benötigen. Wir müssen ihnen helfen und auch diejenigen Menschen in den Entwicklungsländern unterstützen, die nicht ohne weiteres Zugang zu Energie haben.

Kapitel 9

Die Zielumsetzung muss in Partnerschaft mit den anderen Beteiligten erfolgen, einschließlich der Administrationen in Schottland und Wales, der Regionen, Kommunalverwaltungen und Unternehmen.

**EK 21. “Yakıt Geleceğimiz: Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak” isimli Metnin
Fransızca Çevirisi**

LIVRE BLANC SUR L'ENERGIE

Un résumé

Notre avenir énergétique - créer une économie sobre en carbone Le Ministère du Commerce et de l'Industrie (DTI) joue un rôle moteur dans la réalisation de notre ambition d'assurer une «prospérité pour tous» en œuvrant à créer l'environnement le plus propice au succès des entreprises au Royaume-Uni. Nous aidons les citoyens et les entreprises à devenir plus productifs en promouvant l'entrepreneuriat, l'innovation et la créativité. Nous prenons fait et cause pour les entreprises britanniques ici et à l'étranger. Nous investissons lourdement dans des activités scientifiques et technologiques de classe internationale. Nous protégeons les droits des travailleurs et des consommateurs. Et nous sommes de fermes partisans de marchés équitables et ouverts au Royaume-Uni, en Europe et dans le monde.

1.1 Notre pays a besoin d'une nouvelle politique énergétique. En dépit des améliorations réalisées au cours des cinq dernières années, la politique d'aujourd'hui ne pourra pas relever les défis de demain. Nous devons faire face à la menace de changement climatique. Nous devons nous attaquer aux implications du déclin de la production britannique de pétrole, de gaz et de charbon qui fera de notre pays un importateur net d'énergie au lieu d'un exportateur d'énergie. Au cours des quelque 20 années à venir, nous devons remplacer ou moderniser une grande partie de nos infrastructures énergétiques.

1.2 Ces défis s'accompagnent toutefois d'opportunités nouvelles. Agir décisivement pour que le Royaume-Uni devienne une économie sobre en carbone. Mettre au point, appliquer et exporter des technologies de pointe, créant ainsi de nouvelles entreprises et de nouveaux emplois. Montrer la voie à suivre en Europe et au niveau international en développant des marchés énergétiques

écologiquement durables, sûrs et concurrentiels qui soutiendront la croissance économique dans toutes les parties du monde.

1.3 L'énergie est essentielle pour la quasi-totalité de nos activités. Nous nous attendons à ce qu'elle soit disponible chaque fois que nous en avons besoin, d'un prix abordable, sûre et respectueuse de l'environnement. C'est uniquement lorsque quelque chose ne va pas que nous nous rendons compte à quel point les pays industrialisés modernes dépendent de systèmes énergétiques très complexes.

1.4 Dans ce contexte, nous publions le 24 février un Livre blanc, *Notre avenir énergétique - créer une économie sobre en carbone*. Le présent document en résume les principales conclusions.

Les défis auxquels nous sommes confrontés...

1.5 Le premier défi est **environnemental**. Le changement climatique est réel. Les années 90 ont été la décennie la plus chaude jamais enregistrée. Si rien n'est entrepris pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, il est probable que la température de la Terre s'élèvera plus rapidement qu'à tout autre époque au cours des derniers 10 000 ans ou plus. Au Royaume-Uni, les risques de sécheresse et d'inondation augmenteront probablement. Le niveau des mers s'élèvera de sorte que des niveaux hydriques très élevés pourraient devenir 10 à 20 fois plus fréquents sur certaines parties de la côte est d'ici la fin du siècle. Cependant, il est possible de prévenir les effets les plus néfastes du changement climatique en adoptant une énergie plus propre et plus intelligente: politiques pour un avenir sobre en carbone en stabilisant les gaz à effet de serre dans l'atmosphère au lieu de laisser leur augmentation se poursuivre. Bien des efforts restent encore à accomplir. Le Royaume-Uni continuera à faire preuve de leadership, mais ne peut pas à lui seul résoudre ce problème. Les émissions de dioxyde de carbone du Royaume-Uni ne représentent qu'environ 2 % du total mondial. Un effort international concerté est nécessaire. Nous continuerons à œuvrer avec d'autres pays pour établir un consensus sur la nécessité de changements et pour obtenir des engagements fermes en faveur de mesures visant à réduire les émissions de carbone à l'échelle mondiale dans le cadre de la CCNUCC1. Nous devons également obtenir un engagement international envers cette ambition. Nous devons améliorer notre

compréhension du changement climatique. A cette fin, nous investissons dans la recherche sur le changement climatique pour étayer notre base de connaissances.

1.6 Nous voulons que les économies développées du monde réduisent leurs émissions de gaz à effet de serre de 60 % d'ici à 2050 environ. Nous nous engagerons sur la voie d'une réduction de quelque 60 % de nos émissions de dioxyde de carbone d'ici à 2050 environ par rapport au niveau actuel. Jusqu'ici, notre politique énergétique n'a pas tenu suffisamment compte des problèmes environnementaux. Notre nouvelle politique veillera à ce que l'énergie, l'environnement et la croissance économique soient intégrés de façon adéquate et durable.

1.7 Nous pouvons parvenir à une réduction de 60 % des émissions d'ici l'an 2050 de diverses façons. Attendre le dernier moment pour agir n'est pas une option sérieuse. Si nous ne commençons pas à prendre des mesures dès maintenant, des changements plus importants, plus perturbateurs et plus coûteux seront nécessaires par la suite. Nous devons mettre en place sans tarder des actions bien planifiées pour fournir un cadre dans lequel les entreprises et l'économie en général, y compris la base d'emplois et de compétences, peuvent s'adapter à la nécessité de changements, et pour encourager les nouvelles technologies.

1.8 Nous avons analysé avec soin les incidences qu'une réduction de 60 % des émissions à l'horizon 2050 est susceptible d'avoir sur l'économie du Royaume-Uni. Notre analyse donne à penser que le coût d'une lutte efficace contre le changement climatique serait très faible: il n'équivaudrait qu'à 0,5-2 % de notre PIB en 2050 qui aura alors triplé par rapport à aujourd'hui.

1.9 Le deuxième défi auquel nous sommes confrontés est le **déclin des approvisionnements énergétiques indigènes du Royaume-Uni** – pétrole, gaz, énergie nucléaire et charbon. La majeure partie des mines de charbon souterraines économiquement viables seront probablement épuisées d'ici 10 ans. Vers 2006, nous serons également un importateur net de gaz et, vers 2010, de pétrole. D'ici à 2020, nous pourrions être dépendants des importations d'énergie pour les trois quarts de la totalité de nos besoins d'énergie primaire. 1.10 Au fur et à mesure de notre transformation en un importateur net, nous pourrions devenir plus vulnérables aux fluctuations de prix et aux interruptions d'approvisionnement

causées par des défaillances du cadre réglementaire, une Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques. instabilité politique ou des conflits dans d'autres parties du monde. Mais le fait d'être un importateur d'énergie n'implique pas nécessairement qu'il est plus difficile d'assurer la sécurité d'approvisionnement énergétique. Parmi les principaux pays industriels, seuls le Canada et le Royaume-Uni sont des exportateurs nets d'énergie. Tous les autres pays sont parvenus à une croissance économique en tant qu'importateurs d'énergie. Nous pouvons faire de même, comme nous l'avons fait avant l'exploitation du pétrole et du gaz en mer du Nord. Le meilleur moyen de maintenir la sécurité d'approvisionnement énergétique sera par le biais de la diversité énergétique. Nous avons besoin d'un grand nombre de sources d'énergie, de fournisseurs et de routes d'acheminement. Les énergies renouvelables et les sources d'énergie réparties plus petites, comme les micro-centrales de production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) et les piles à combustible, nous aideront à éviter une dépendance excessive à l'égard des importations et peuvent nous rendre moins vulnérables aux menaces en matière de sécurité d'approvisionnement.

1.11 La Norvège sera une importante source de nos importations de gaz durant la prochaine décennie. Nous devons également trouver d'autres sources d'approvisionnement, par exemple la Russie, le Moyen-Orient, l'Afrique du Nord et l'Amérique latine. Ces échanges feront intervenir des relations d'interdépendance – leur énergie étant aussi importante pour nous que les revenus provenant des approvisionnements qu'ils nous fournissent le sont pour leur prospérité. Notre interdépendance croissante implique également que les mesures visant à assurer la sécurité d'approvisionnement énergétique devront constituer un élément de plus en plus important de notre politique européenne et étrangère. Nous nous attacherons au niveau international à promouvoir la stabilité régionale, les réformes économiques, des marchés ouverts et concurrentiels et des politiques environnementales appropriées dans les régions qui fournissent la majeure partie du pétrole et du gaz du monde. Nous avons obtenu un engagement envers la libéralisation des marchés de l'énergie dans l'Union européenne (UE) pour les consommateurs industriels d'ici à 2004 et pour tous les utilisateurs d'ici à 2007.

Ceci est indispensable pour améliorer notre propre accès aux différentes sources d’approvisionnement et pour permettre aux entreprises britanniques de faire face à la concurrence sur des marchés plus vastes.

1.12 Notre troisième défi est la nécessité de **moderniser une grande partie des infrastructures énergétiques du Royaume-Uni** au cours des deux prochaines décennies. Durant les années 90, d’importants investissements nouveaux ont été réalisés dans les capacités de production, en particulier les centrales alimentées au gaz. Certaines installations de production ont depuis été fermées et l’intérêt manifesté pour la construction de nouvelles centrales, autres que celles qui sont alimentées par des énergies renouvelables, a décliné. Mais il y a d’autres changements en perspective. Les mesures européennes visant à limiter les émissions de carbone et à améliorer la qualité de l’air entraîneront probablement la modernisation ou la fermeture de la plupart des centrales au charbon les plus vieilles. En l’absence de nouvelles installations ou de la prolongation de la durée de vie des installations existantes, la part du nucléaire dans la production d’électricité diminuera par rapport à son niveau actuel: il n’y aurait qu’une seule centrale en fonctionnement à l’horizon 2025. Les énergies renouvelables deviendront une source d’électricité plus importante alors que nous œuvrons à lutter contre le changement climatique.

1.13 Au cours des années à venir, des investissements substantiels devront être réalisés dans d’autres parties de nos infrastructures énergétiques. Les réseaux de distribution d’électricité devront être adaptés à l’utilisation accrue des énergies renouvelables et à la production décentralisée d’électricité à petite échelle dans les logements et les entreprises. Nous aurons besoin de connexions supplémentaires pour l’approvisionnement en gaz à partir d’un éventail de sources, et ce pour le gaz transporté par pipeline comme pour le gaz naturel liquéfié (GNL). A plus long terme, avec l’introduction potentielle de combustibles différents pour les véhicules, par exemple le gaz naturel comprimé ou l’hydrogène, d’énormes investissements seront nécessaires dans l’infrastructure de livraison des combustibles.

Les objectifs de notre nouvelle politique énergétique...

1.14 Confrontés à ces trois défis, nous avons fixé quatre objectifs pour notre politique énergétique:

_ nous engager sur la voie d'une réduction de quelque 60 % des émissions de CO₂ du Royaume-Uni d'ici à 2050 environ, avec des progrès significatifs d'ici à 2020;

_ maintenir la sécurité des approvisionnements énergétiques;

_ promouvoir des marchés concurrentiels au Royaume-Uni et à l'étranger, contribuant ainsi à accroître le taux de croissance économique durable et à améliorer notre productivité;

_ veiller à ce que chaque logement soit chauffé de manière adéquate et à un prix abordable.

1.15 Nous estimons que ces quatre objectifs peuvent être réalisés ensemble. Dans la mesure du possible, nous nous assurerons que le cadre des marchés et les instruments politiques se renforcent mutuellement afin d'atteindre nos objectifs. L'efficacité énergétique sera probablement le moyen le moins coûteux et le plus sûr de réaliser nos quatre objectifs. Les sources d'énergie renouvelables auront également un rôle important à jouer dans la réduction des émissions de carbone tout en renforçant la sécurité d'approvisionnement énergétique et en améliorant notre compétitivité industrielle alors que nous développons des technologies, des produits et des procédés plus propres.

1.16 Des tensions se manifesteront inévitablement de temps à autre entre les différents objectifs. Il n'existe aucun mécanisme simple permettant de déterminer le «poids» relatif d'objectifs différents. Mais notre approche est guidée par les considérations suivantes:

_ les changements climatiques préjudiciables et d'une grande portée sont une limite environnementale qui ne devrait pas être outrepassée. Nous devons maintenir le Royaume-Uni sur la voie d'une réduction de 60 % des émissions de dioxyde de carbone d'ici à 2050;

_ la sécurité d'approvisionnement énergétique est indispensable à l'économie dans son ensemble et au développement durable. Un niveau adéquat de sécurité d'approvisionnement doit être assuré en permanence, tant à court terme qu'à long terme;

_ des marchés libéralisés et concurrentiels resteront une pierre angulaire de la politique énergétique. Lorsque le marché à lui seul ne peut pas émettre les signaux voulus, nous prendrons des mesures qui encouragent les entreprises à innover et à exploiter de nouvelles opportunités pour fournir les résultats que nous attendons;

_ nos politiques devraient tenir compte des incidences sur tous les secteurs de la société. Des mesures spécifiques seront nécessaires pour des groupes de personnes particuliers, par exemple en faveur de ceux pour lesquels les factures énergétiques constituent un fardeau disproportionné.

Le mix énergétique...

1.17 Nous ne nous proposons pas de fixer des objectifs pour la part de l’approvisionnement total en énergie ou en électricité qui doit être couverte par différents combustibles. Nous estimons que le gouvernement n’est pas à même de décider de la composition du mix énergétique. Nous préférons créer un cadre pour le marché, renforcé par des mesures politiques à long terme, qui fournira aux investisseurs, aux entreprises et aux consommateurs les incitations voulues pour trouver l’équilibre permettant d’atteindre le plus efficacement nos objectifs globaux.

1.18 Nous reconnaissons que cette approche ne suffit pas à elle seule. En particulier, des mesures spécifiques sont nécessaires pour stimuler la croissance des énergies renouvelables qui leur permettra de réaliser les économies d’échelle et d’atteindre la maturité requise conduisant à un abaissement significatif de leurs coûts. En janvier 2000, nous avons annoncé notre objectif pour les énergies renouvelables, à savoir une part de 10 % dans la production d’électricité au Royaume-Uni en l’an 2010, à condition que les coûts soient acceptables pour le consommateur. Nous avons introduit en avril 2000 «l’obligation d’utiliser des énergies renouvelables». Nous avons exonéré les énergies renouvelables de la taxe sur le changement climatique. D’ici à 2010, ces mesures fourniront au secteur des énergies renouvelables un soutien de l’ordre de 1 milliard de livres sterling par an. Ce soutien a pour but d’assurer l’expansion nécessaire des énergies renouvelables d’ici là. Nous avons maintenant pour ambition de doubler la part des énergies renouvelables dans la production d’électricité au cours de la décennie suivante.

1.19 En réduisant les émissions de dioxyde de carbone, notre priorité est de renforcer la contribution de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables. Celles-ci devront faire l'objet, au cours des 20 prochaines années, d'un développement beaucoup plus important qu'auparavant. Nous pensons qu'un progrès aussi ambitieux est réalisable, mais incertain.

1.20 L'énergie nucléaire est actuellement une importante source de production d'électricité sans émissions de carbone. Toutefois, ses aspects économiques actuels en font une option peu attrayante pour de nouvelles capacités de production sans émissions de carbone. Il y a également d'importants problèmes de déchets nucléaires à résoudre, y compris les déchets qui sont le legs du passé et la production continue de déchets provenant d'autres sources. Nous ne faisons pas de propositions spécifiques pour la construction de nouvelles centrales nucléaires. Toutefois, nous n'écarterons pas cette possibilité à l'avenir si cela s'avère nécessaire pour nous permettre d'atteindre nos objectifs de réduction des émissions de carbone. Avant de prendre toute décision en la matière, il faudra procéder à la consultation publique la plus vaste possible et publier un autre Livre blanc présentant nos propositions.

1.21 La production d'électricité à partir du charbon aura également un rôle important à jouer dans l'accroissement de la diversité énergétique à condition que l'on puisse trouver des moyens de réduire matériellement ses émissions de carbone. Nous continuerons à soutenir des projets de recherche pertinents en vue de développer des options pour des technologies charbonnières plus propres et pour le captage et le stockage du carbone. La production charbonnière nationale continuera probablement à décliner à mesure que les mines existantes arrivent en fin de vie sur le plan géologique et économique. Nous introduirons un programme d'aide à l'investissement pour permettre aux mines existantes d'exploiter de nouvelles réserves lorsque cela est économiquement viable et contribue à sauvegarder des emplois.

Comment nous atteindrons nos objectifs...

1.22 Pour atteindre notre objectif de **réduction des émissions de carbone**, nous devons continuer à découpler la croissance économique de l'utilisation de

l'énergie et de la pollution. La consommation globale d'énergie au Royaume-Uni a augmenté d'environ 10 % depuis 1970, tandis que la taille de l'économie a doublé. Nous devons accélérer cette tendance.

1.23 Des discussions sur la lutte contre le changement climatique après 2008-2012 commenceront prochainement. Sur la base des politiques existantes, les émissions de dioxyde de carbone du Royaume-Uni devraient atteindre quelque 135 millions de tonnes de carbone (MtC) en 2020. Nous comptons nous fixer pour but des réductions de carbone de 15-25 MtC par rapport à ce niveau d'ici à 2020. Nous pensons qu'il est possible d'atteindre ce résultat par une réduction de notre consommation d'énergie alliée à une expansion substantielle des énergies renouvelables. En faisant bien comprendre nos intentions, nous visons à émettre les signaux nécessaires pour encourager les entreprises à investir – et à aider les fabricants britanniques à prendre de l'avance en développant des technologies écologiques qui, à notre avis, auront un rôle important à jouer dans la prospérité future du monde.

1.24 Le cadre futur, tant politique que pour le marché, s'articulera autour d'un système d'échange de droits d'émission de carbone. Nous avons déjà lancé notre propre système national d'échange auquel la participation se fait sur une base volontaire. A partir de 2005, les producteurs d'électricité, les raffineries de pétrole et d'autres secteurs industriels seront censés participer à un système beaucoup plus vaste à l'échelle de l'UE. En fixant des plafonds pour les émissions, le système fournira de claires incitations à l'investissement dans les technologies d'efficacité énergétique et des technologies plus propres au coût le plus bas possible. Nous encouragerons le développement des possibilités d'échanges à tous les niveaux. Nous œuvrerons avec nos partenaires de l'UE pour étendre là où il y a lieu la couverture du système communautaire en temps voulu. Nous examinerons de façon plus approfondie les questions en jeu dans les liens entre le régime fiscal et le système de permis négociables lorsque le système communautaire deviendra plus clair.

1.25 A eux seuls, les échanges de droits d'émission ne suffiront pas pour nous permettre d'atteindre nos objectifs environnementaux. Nous devons mettre en œuvre des mesures supplémentaires, par exemple pour encourager davantage

l'efficacité énergétique dans les entreprises, le secteur public et les foyers. Les politiques visant à améliorer l'efficacité énergétique des produits et des bâtiments auront un rôle important à jouer. Nous renforcerons l'engagement actuel en faveur de l'efficacité énergétique qui impose aux fournisseurs d'électricité et de gaz l'obligation d'encourager leurs clients domestiques à investir dans des mesures telles que l'isolation des murs creux. Nous avons l'intention d'avancer à 2005 la prochaine révision de la réglementation en matière de construction afin d'élever les normes d'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs et réaménagés. Nous ferons pression en Europe pour obtenir des normes d'efficacité énergétique plus élevées pour les biens commercialisables tels que les réfrigérateurs et les ordinateurs personnels. Nous encouragerons l'amélioration de l'efficacité et l'utilisation de carburants à teneur plus basse en carbone dans le domaine des transports. Nous fournirons d'autres encouragements à l'investissement dans les sources d'énergie renouvelables et les infrastructures par l'intermédiaire de mesures telles que les subventions en capital et une approche de la planification assurant un plus grand soutien. Nous allons accroître de 60 millions de livres sterling le financement disponible pour les subventions en capital pour les énergies renouvelables, somme qui vient d'ajouter aux 38 millions de livres sterling de crédits supplémentaires annoncés dans la révision des dépenses publiques de 2002. Nous donnerons l'exemple dans l'ensemble du secteur public en améliorant l'efficacité énergétique dans les bâtiments et les approvisionnements.

1.26 Notre deuxième objectif est de **maintenir la sécurité des approvisionnements énergétiques du Royaume-Uni**. Il faut pour cela agir dans de nombreux domaines. Nous avons besoin d'infrastructures et d'un système réglementaire appropriés dans le pays et de marchés libéralisés de l'énergie dans l'UE. Nous nous attacherons à renforcer les relations internationales afin de promouvoir la stabilité régionale et les réformes économiques dans les principales zones productrices, la compréhension mutuelle du fonctionnement des marchés et des conditions propres à attirer des investissements étrangers directs pour faciliter de nouveaux investissements en infrastructures dans les différentes régions productrices de gaz et de pétrole dans le monde.

1.27 Dans les marchés libéralisés, les prix à terme enverront des signaux au sujet des besoins d'investissement futurs. Les fournisseurs réagiront à ces signaux, et en fonction de leurs propres évaluations des risques et des possibilités, pour innover et prendre des dispositions pour répondre à ces besoins. En réponse aux signaux actuels émis par le marché, certaines entreprises projettent d'ores et déjà d'accroître leurs importations de gaz via notre gazoduc vers la Belgique, tandis que d'autres explorent les options concernant le stockage du gaz et de nouvelles installations pour l'importation de GNL. Ces développements contribueront à fournir l'assurance que le marché investira dans la capacité dont nous avons besoin pour assurer la sécurité des approvisionnements énergétiques.

1.28 Troisièmement, nous sommes résolus à promouvoir des **marchés énergétiques concurrentiels**, au Royaume-Uni et à l'étranger. Ceci contribuera à relever les taux durables de croissance économique et à soutenir notre compétitivité grâce à la disponibilité continue d'une énergie à un prix abordable. Un secteur de l'énergie concurrentiel est important pour la compétitivité et la productivité dans l'ensemble de l'économie. Il faut que nos entreprises accroissent la productivité des ressources afin de parvenir simultanément à une utilisation plus efficace de l'énergie, à une réduction des émissions de dioxyde de carbone et à un abaissement des coûts. A cette fin, nous encouragerons les entreprises à innover, à réduire au minimum les coûts et à fournir des produits et des services de meilleure qualité. Nous maintiendrons notre engagement en faveur de marchés énergétiques concurrentiels et nous utiliserons les instruments fondés sur les mécanismes de marché pour atteindre les objectifs plus généraux de notre politique énergétique. Nous œuvrerons avec les entreprises pour les aider à se préparer à l'avènement de l'économie sobre en carbone et à tirer parti des possibilités qu'elle offre. Par l'intermédiaire de notre nouveau réseau de compétences sectorielles, nous collaborerons avec l'industrie de l'énergie au développement des compétences dont elle a besoin.

1.29 Notre dernier objectif est de **veiller à ce que chaque logement soit chauffé de manière adéquate et à un prix abordable**. En 1996, 5,5 millions de ménages devaient dépenser plus de 10 % de leurs revenus pour se chauffer correctement.

La baisse des prix et l'augmentation des prestations sociales ont d'ores et déjà contribué à réduire ce chiffre à quelque 3 millions.

1.30 Parallèlement à nos politiques visant à réduire la pauvreté, nous devons nous attaquer au problème des logements anciens, mal isolés et pleins de courants d'air où une grande partie des dépenses en énergie sont gaspillées. En 2001, notre stratégie relative à la pauvreté énergétique a exposé des politiques destinées à mettre fin à la pauvreté énergétique parmi les ménages vulnérables en Angleterre à l'horizon 2010. Nous sommes en outre fixé pour objectif de faire en sorte que, dans la mesure du possible, personne ne souffre de pauvreté énergétique au Royaume-Uni d'ici à 2016-2018. Les programmes de subventions et l'engagement en faveur de l'efficacité énergétique contribuent d'ores et déjà à améliorer les logements par le biais d'une meilleure isolation thermique, de systèmes de chauffage plus efficaces et d'une réduction au minimum des courants d'air. Plus tard cette année, nous examinerons les résultats de ces politiques pour décider quelles sont les autres mesures à prendre pour atteindre nos objectifs de lutte contre la pauvreté énergétique.

L'innovation est essentielle...

1.31 L'innovation technologique aura un rôle clé à jouer dans les mesures qui soutiennent nos objectifs et dans la mise en place rentable d'une économie sobre en carbone. Nous soutiendrons les activités de recherche, de développement et d'innovation en vue d'encourager le développement d'options nouvelles à long terme comme l'économie de l'hydrogène et, en tant que de besoin, de permettre la pénétration de technologies émergentes telles que les technologies des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Un nouveau centre national de recherche sur l'énergie sera mis en place par les Conseils de recherche.

1.32 Nous agirons par l'intermédiaire de nos programmes nationaux, des collaborations internationales et des programmes multilatéraux pour nous permettre de tirer parti au maximum de notre participation. Nous œuvrerons avec nos partenaires du G8 et de l'UE pour mettre au point des technologies dans le domaine du changement climatique qui nous aideront à réaliser nos ambitions en

matière de réduction des émissions de carbone et aideront d'autres, en particulier les pays en développement à réaliser les leurs.

Perspectives...

1.33 Nous devons nous préparer à la mise en place d'un système énergétique qui sera probablement très différent de celui d'aujourd'hui. Il appartiendra au marché de se développer et d'investir dans ce système. Mais nous devons fixer des objectifs clairs et élaborer une stratégie permettant au marché d'avoir la confiance, la capacité et la volonté d'engagement à long terme nécessaires pour y parvenir. Notre approche est fondée sur les principes clés suivants:

- _ les investissements énergétiques sont généralement à long terme;
- _ le moyen le moins coûteux, le plus propre et le plus sûr d'atteindre tous nos objectifs est d'utiliser moins d'énergie. Nous devons améliorer l'efficacité énergétique dans une mesure beaucoup plus grande au cours des 20 prochaines années que nous ne l'avons fait au cours des 20 dernières;
- _ un marché de l'énergie bien conçu, transparent et ouvert est le meilleur moyen d'obtenir des résultats efficaces. Dans la mesure du possible, nous utiliserons les instruments fondés sur les mécanismes de marché pour atteindre nos objectifs. En particulier, nos marchés énergétiques s'articuleront autour des échanges de droits d'émission à partir de 2005;
- _ nous devons continuer à recourir aux échanges de droits d'émission ainsi qu'à d'autres mesures pour réduire les émissions de carbone, parallèlement à des mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique dans les logements, le secteur des produits et les transports;
- _ les réseaux nationaux et locaux d'électricité, les systèmes de comptage et les arrangements réglementaires, qui ont été créés pour un monde caractérisé par l'existence de centrales conçues pour la production centralisée d'électricité à grande échelle, devront faire l'objet d'une restructuration au cours des 20 prochaines années afin de soutenir l'importante augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables et de la production répartie d'électricité à petite échelle;
- _ le système énergétique futur nécessitera une implication accrue des régions anglaises et des communautés locales, complétée par un système de planification

plus propice aux investissements dans les infrastructures et de nouvelles installations de production d'électricité, en particulier à partir de sources renouvelables. Les liens étroits avec les administrations décentralisées du pays de Galles, de l'Ecosse et de l'Irlande du Nord, qui sont déjà pleinement engagées dans une large gamme de questions énergétiques, resteront indispensables;

_ la diversité est le meilleur moyen de nous protéger contre les interruptions d'approvisionnement, les hausses subites des prix, le terrorisme ou d'autres menaces pour la sécurité d'approvisionnement. A mesure que nous nous transformons en un importateur net d'énergie, nous aurons besoin d'un grand nombre de sources, de fournisseurs et de routes d'acheminement. Les relations internationales en Europe et dans le monde revêtiront une importance croissante pour la réalisation de nos objectifs globaux dans le domaine de l'énergie;

_ nous chercherons les meilleurs moyens d'influencer les résultats conformément aux principes d'une meilleure réglementation, en maximisant l'utilisation des mécanismes de marché et/ou volontaires et en promouvant des réglementations uniquement lorsqu'elles sont clairement nécessaires et bien conçues. Lorsqu'une réglementation est requise, nous nous attacherons à faire en sorte que son impact sur les principales parties concernées soit pris en compte afin de réduire au minimum les charges qu'elle impose, en particulier aux petites et moyennes entreprises;

_ lors de l'élaboration de nouvelles politiques énergétiques, nous prendrons en considération leur impact sur tous nos objectifs de politique énergétique, conformément à notre approche globale du développement durable.

Une stratégie pour le long terme...

1.34 Nous avons défini un cadre à long terme pour la réalisation de nos objectifs environnementaux, sociaux et en matière de sécurité d'approvisionnement et de compétitivité. Etant donné que l'énergie requiert des investissements à très long terme, nous avons situé le contexte général à l'horizon 2050. Nous avons examiné ce qui devra être accompli d'ici à 2020 pour nous assurer que nous progressons sur la bonne voie, à un rythme suffisamment rapide, pour atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés pour 2050. Nous avons cherché à définir une vision

stratégique à long terme pour la politique énergétique. Nous avons élaboré des stratégies à long terme et, dans ce contexte, des politiques à court terme destinées à nous placer sur la voie à suivre. Nous n'avons pas essayé de définir dans les moindres détails les politiques que nous devons mettre en œuvre au cours des 20 prochaines années et au-delà. Cela ne serait pas réaliste. Nous devons être prêts, dans un contexte stratégique ferme et clair, à examiner l'impact des changements de politique et à actualiser et modifier nos mesures politiques détaillées à la lumière de l'expérience. Nous estimons, par exemple, que l'innovation technologique aura une contribution importante à apporter à la réalisation de notre vision à long terme. Cela créera de nouvelles opportunités et peut-être aussi de nouveaux défis que nous ne pouvons pas imaginer actuellement. Nous devons être prêts à adapter et développer nos politiques à la lumière de ces opportunités et des changements plus généraux dans la société. Nous renforcerons les capacités de notre politique énergétique, notamment en publiant des rapports publics annuels sur les progrès vers la réalisation de nos objectifs et les mesures que nous prenons pour nous assurer que nous restons sur la bonne voie.

1.35 Ceci ne sera pas la dernière déclaration stratégique importante sur la politique énergétique. Mais elle fixe une orientation nouvelle, alliée à une détermination nouvelle, pour l'introduction de changements très importants tant à court terme qu'à long terme. Ceci représente un défi considérable. Mais c'est un défi qui doit être relevé et auquel, à notre avis, nous pouvons faire face.

Chapitre 1

Energie plus propre et plus intelligente: politiques pour un avenir sobre en carbone: nouveaux défis qui exigeront une approche nouvelle. Nous exposons les objectifs et les principes de notre politique énergétique qui nous guideront, sur la base d'une progression vers une réduction de 60 % des émissions de dioxyde de carbone à l'horizon 2050.

Chapitre 2

Environnement: la menace de changement climatique nécessite une action globale, mais nous pouvons réduire nos émissions de dioxyde de carbone tout en

conservant notre compétitivité en utilisant des mécanismes de marché comme les échanges de droits d'émission.

Chapitre 3

L'efficacité énergétique peut apporter une contribution importante à la réduction des émissions de carbone. Nous nous proposons de prendre des mesures pour renforcer la réglementation en matière de construction, améliorer les normes de produit et encourager l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les logements et les bureaux.

Chapitre 4

La production d'électricité avec de faibles émissions de carbone peut également apporter une grande contribution. Nous continuerons à soutenir les énergies renouvelables et la production combinée de chaleur et d'électricité et nous œuvrerons avec Ofgem et d'autres parties concernées pour réduire les charges pesant sur les petits producteurs d'électricité. Nous n'envisageons pas de construire de nouvelles centrales nucléaires, mais nous n'écartons pas cette possibilité.

Chapitre 5

Transports: nous devons réduire les émissions de carbone à court terme par la conception de meilleurs véhicules et à long terme par l'utilisation de carburants à teneur plus basse en carbone; les transports aériens, maritimes et ferroviaires peuvent également apporter une contribution.

Chapitre 6

Un approvisionnement énergétique sûr est essentiel. Nous avons besoin d'une sécurité d'approvisionnement à des prix prévisibles par le biais du marché. Nous examinons les dimensions nationales et internationales de notre transformation en un importateur d'énergie, y compris la diversité énergétique. Le charbon a toujours un avenir grâce à l'utilisation de technologies charbonnières plus propres.

Chapitre 7

Notre productivité et notre compétitivité sont tributaires de l'énergie et plus précisément de prix énergétiques compétitifs, d'une productivité accrue des ressources, de la promotion de l'esprit d'entreprise, de la mise en œuvre de mesures pour nous assurer que nous disposons des compétences nécessaires dans

le domaine de l'énergie, de la promotion de l'innovation en matière d'énergie avec des dépenses plus élevées, et de l'encouragement des investissements.

Chapitre 8

Energie et personnes vulnérables: un trop grand nombre de personnes au Royaume-Uni n'ont pas les moyens de se chauffer correctement. Nous devons les aider et fournir par ailleurs un soutien aux personnes qui, dans les pays en développement, ont difficilement accès à l'énergie.

Chapitre 9

La mise en œuvre doit s'effectuer par le biais de partenariats avec les autres parties concernées, dont les administrations décentralisées, les régions, les pouvoirs locaux et les entreprises.

EK 22. “Yakıt Geleceğimiz: Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak” isimli Metnin İspanyolca Çevirisi

LIBRO BLANCO SOBRE ENERGÍA:

Resumen

Nuestro futuro energético: creando una economía baja en carbono El DTI (Ministerio de Comercio e Industria) impulsa nuestra ambición de “prosperidad para todos” dedicándose a crear el mejor entorno para el éxito comercial en el Reino Unido. Ayudamos a la gente a ser más productiva promoviendo la iniciativa, innovación y creatividad. Somos paladines de las empresas británicas en el ámbito nacional y en el extranjero. Realizamos grandes inversiones en ciencia y tecnología de clase mundial. Protegemos los derechos de los trabajadores y de los consumidores. Y defendemos los mercados equitativos y abiertos en el Reino Unido, Europa y el mundo entero. 1.1 Nuestro país necesita una nueva política energética. A pesar de las mejoras logradas en los últimos cinco años, la política actual no satisfará los desafíos del mañana. Debemos hacer frente a la amenaza del cambio climático. Debemos resolver las repercusiones de una menor producción de petróleo, gas y carbón en el Reino Unido, lo cual hará de nosotros un importador neto de energía, en vez de un exportador de energía. En los 20 años aproximadamente, deberemos reemplazar o modernizar una gran parte de nuestra infraestructura energética.

1.2 Estos desafíos vienen acompañados de nuevas oportunidades. Hacer que el Reino Unido pase a ser decididamente una economía baja en carbono. Desarrollar, aplicar y exportar tecnologías de avanzada, creando nuevas empresas y nuevos puestos de trabajo. Estar a la cabeza en Europa y en el ámbito internacional en cuanto al desarrollo de mercados energéticos ambientalmente sostenibles, fiables y competitivos que apoyen el crecimiento económico en cualquier lugar del mundo.

1.3 La energía es fundamental para casi todo lo que hacemos. Esperamos que esté disponible cuandoquiera que la querramos, y que sea económica, segura y ambientalmente sostenible. Solamente al tener alguna dificultad advertimos en

qué medida los países industrializados modernos dependen de sistemas energéticos sumamente complicados.

1.4 En este contexto, el 24 de febrero publicamos un libro blanco titulado *Our energy future - creating a low carbon economy* (Nuestro futuro energético: creando una economía baja en carbono). A continuación se resumen las conclusiones principales.

Los desafíos a los que hacemos frente...

1.5 El primer desafío es **ambiental**. El cambio climático es real. La década de 1990 fue la más cálida desde que se comenzaron a llevar registros. Sin medidas para reducir las emisiones de gases de invernadero, es probable que la temperatura de la tierra aumente más rápidamente que en cualquier Energía más limpia y más inteligente: políticas para un futuro bajo en carbono momento de los últimos 10.000 años aproximadamente. En el Reino Unido, es probable que aumenten los riesgos de sequías e inundaciones. El nivel de los mares aumentará, de modo que los niveles de agua extremadamente altos podrían ser 10 ó 20 veces más frecuentes en algunas partes de la costa oriental para fines de siglo. Sin embargo, los peores efectos del cambio climático podrían evitarse si los gases de invernadero en la atmósfera se estabilizan en vez de permitirse que aumenten. Hay que hacer mucho más. El Reino Unido continuará mostrando liderazgo pero no puede resolver este problema solo. Las emisiones de dióxido de carbono del Reino Unido representan únicamente alrededor del 2% del total mundial. Se necesita un esfuerzo internacional concertado. Continuaremos trabajando con otros países para lograr consenso respecto de la necesidad de un cambio y de lograr compromisos firmes en cuanto a la adopción de medidas para reducir las emisiones de carbono en todo el mundo dentro del UNFCCC1. También debemos lograr el compromiso internacional de concretar este anhelo. Debemos desarrollar nuestra comprensión del cambio climático. Estamos realizando inversiones en investigaciones del cambio climático para apuntalar nuestra base de conocimientos.

1.6 Deseamos que las economías desarrolladas del mundo reduzcan los gases de invernadero en un 60% para alrededor de 2050. Seguiremos una vía de reducción

de emisiones de dióxido de carbono en aproximadamente un 60% en comparación con los niveles actuales para alrededor de 2050. Hasta ahora, nuestra política energética no ha prestado suficiente atención a los problemas ambientales. Nuestra nueva política se asegurará de que la energía, el medio ambiente y el crecimiento económico se integren de una manera adecuada y sostenible.

1.7 Podemos lograr una reducción del 60% en las emisiones para 2050 de varias maneras. Dejar la adopción de medidas hasta el último momento no es una opción seria. Si no comenzamos ahora, será necesario adoptar después cambios mayores y más caros que ocasionarán más trastornos. Necesitamos medidas tempranas, bien planificadas, para proporcionar un marco dentro del cual las empresas y la economía en general, incluida la base de puestos de trabajo y especialidades, puedan adaptarse a la necesidad de cambio y fomentar nuevas tecnologías.

1.8 Analizamos minuciosamente los probables impactos que entrañaría sobre la economía del Reino Unido la reducción de emisiones en un 60% para 2050. Nuestro análisis sugiere que el costo de resolver de modo efectivo el cambio climático sería muy pequeño, equivalente a sólo el 0,5-2% de nuestro PIB en 2050, que para ese entonces se habrá triplicado en comparación con el nivel actual.

1.9 Nuestro segundo desafío es la **reducción de los suministros energéticos autóctonos del Reino Unido**: petróleo, gas, energía nuclear y carbón. Es probable que una gran proporción del carbón de extracción profunda económicamente viable del Reino Unido se agote dentro de 10 años. Para alrededor de 2006, también seremos un importador neto de gas y para alrededor de 2010 de petróleo. Para 2020 podríamos depender de energía importada para satisfacer las tres cuartas partes de nuestras necesidades totales de energía primaria.

1.10 Al pasar a ser un importador neto, podemos ser potencialmente más vulnerables a las fluctuaciones de precios y a las interrupciones del suministro ocasionadas por fallos de tipo regulador, inestabilidad política o conflictos en otros lugares del mundo. Pero ser un importador de energía no significa necesariamente que sea más difícil lograr seguridad energética. De las principales naciones industrializadas, sólo Canadá y el Reino Unido son exportadores netos de energía. Todas las otras han logrado crecimiento económico como

importadores de energía. Nosotros podemos hacer lo mismo, como lo hicimos antes del petróleo y gas del Mar del Norte. Necesitamos muchas fuentes energéticas, muchos proveedores y muchas rutas de suministro. Las fuentes de energía renovable y las fuentes energéticas distribuidas y de menor escala, como micro-CHP (micro calefacción y electricidad combinadas) y células energéticas, nos ayudarán a evitar una dependencia excesiva de las importaciones y a ser menos vulnerables a las amenazas de seguridad.

1.11 Noruega será una fuente importante de nuestras importaciones de gas en la próxima década. También debemos buscar suministros de otros orígenes, por ejemplo, Rusia, el Medio Oriente, África Septentrional y América Latina. Este comercio involucrará relaciones de dependencia mutua: su energía es tan importante para nosotros como los ingresos provenientes de nosotros lo son para la prosperidad de ellos. Nuestra creciente interdependencia significa asimismo que el logro de fuentes energéticas fiables tendrá que constituir un aspecto crecientemente importante de nuestra política europea y exterior. Trabajaremos en el ámbito internacional a fin de promover estabilidad regional, reforma económica, mercados abiertos y competitivos y políticas ambientales apropiadas en las regiones que abastecen la mayor parte del petróleo y gas del mundo. Hemos logrado el compromiso de liberalización energética en la Unión Europea (UE) para clientes industriales para 2004 y en general para 2007. Esto es esencial para mejorar nuestro propio acceso a fuentes variadas de suministro y para permitir a las empresas británicas competir en mercados más amplios.

1.12 Nuestro tercer desafío es la necesidad de **modernizar una gran parte de la infraestructura energética del Reino Unido** en las próximas dos décadas. Durante la década de 1990 hubo nuevas inversiones significativas en capacidad de generación, especialmente en centrales alimentadas a gas. Una parte de la capacidad de generación quedó luego sin utilizar y ha disminuido el interés por construir nuevas instalaciones, salvo las de energía renovable. Pero surge la posibilidad de nuevos cambios. Es probable que las medidas europeas para limitar las emisiones de carbono y mejorar la calidad del aire obliguen a modernizar o cerrar la mayor parte de las centrales de mayor antigüedad alimentadas a carbón. Ante la falta de nuevas construcciones o prolongaciones de la vida útil, la cuota de

generación de electricidad correspondiente a la energía nuclear habrá de disminuir, y sólo habría una central en funcionamiento para 2025. La energía renovable pasará a ser una fuente más significativa de electricidad a medida que intentemos resolver el cambio climático.

1.13 En los próximos años se requerirán inversiones considerables en otras partes de nuestra infraestructura energética. Las redes de distribución de electricidad tendrán que adaptarse a más energía renovable y a la generación de electricidad descentralizada y de menor escala en hogares y empresas. Necesitaremos más conexiones con suministros de gas, tanto gasoductos como gas natural licuado (GNL), de una variedad de fuentes. En un plazo más prolongado, al pasar potencialmente a diferentes combustibles para vehículos, por ejemplo, hidrógeno o gas natural comprimido, se necesitarán inversiones importantes en la infraestructura de entrega de combustible.

Las metas de nuestra nueva política energética...

1.14 Al hacer frente a estos tres desafíos, tendremos cuatro metas en nuestra política energética:

- _ adoptar una vía de reducción de las emisiones de CO₂ en el Reino Unido en aproximadamente el 60% para alrededor de 2050, con verdadero progreso para 2020;
- _ mantener la fiabilidad de los suministros de energía;
- _ promover mercados competitivos en el Reino Unido y otros países, ayudando a aumentar la tasa de crecimiento económico sostenible y mejorar nuestra productividad; y
- _ asegurarnos de que cada hogar tenga calefacción adecuada y asequible.

1.15 Consideramos que estas cuatro metas se pueden lograr juntas. En la medida de lo posible, nos aseguraremos de que los instrumentos de marco del mercado y de política se refuercen mutuamente a fin de lograr nuestras metas. Es probable que la eficiencia energética sea el modo más barato y seguro de satisfacer los cuatro objetivos. La energía renovable desempeñará asimismo un papel importante en la reducción de las emisiones de carbono, fortaleciendo al mismo

tiempo la seguridad energética y mejorando nuestra competitividad industrial a medida que desarrollemos tecnologías, productos y procesos más limpios.

1.16 De vez en cuando habrá inevitablemente tensiones entre diferentes objetivos. No hay un solo mecanismo sencillo para determinar los “pesos” relativos de objetivos diferentes. Sin embargo, nuestro enfoque se ve guiado por las siguientes consideraciones:

- _ el cambio climático perjudicial significativo es un límite ambiental que no debe violarse. Tenemos que mantener al Reino Unido por la vía de reducciones del 60% en las emisiones de dióxido de carbono para 2050;

- _ los suministros energéticos fiables son fundamentales para la economía en general y para el desarrollo sostenible. Se debe satisfacer en todo momento un nivel adecuado de seguridad energética tanto a corto plazo como a un plazo más prolongado;

- _ los mercados liberalizados y competitivos continuarán siendo la piedra angular de la política energética. En aquellos casos en que el mercado solo no pueda dar las señales correctas, adoptaremos medidas para alentar a las empresas a innovar y desarrollar nuevas oportunidades de lograr los resultados que estamos buscando; y

- _ nuestras políticas deben tener en cuenta los impactos sobre todos los sectores de la sociedad. Se necesitarán medidas específicas para determinados grupos de personas, por ejemplo, para apoyar a aquéllos para quienes la cuenta de electricidad represente una carga desproporcionada.

La mezcla de combustible...

1.17 No tenemos la intención de fijar objetivos relativos a la proporción del suministro total de energía o electricidad a satisfacer con diferentes combustibles. No consideramos que el Gobierno esté en condiciones de decidir la composición de la mezcla de combustible. Preferimos crear un marco de mercado, reforzado por medidas de política a largo plazo, que proporcione a los inversores, las empresas y los consumidores los incentivos adecuados para encontrar el equilibrio que satisfaga del modo más efectivo nuestras metas generales.

1.18 Reconocemos que este enfoque no es suficiente por sí solo. En particular, se necesitan medidas específicas para fomentar el crecimiento de la energía

renovable que le permita lograr las economías de escala y la madurez que reducirán significativamente sus costos. En enero de 2000 anunciamos nuestro objetivo de que la energía renovable suministrara el 10% de la electricidad en el Reino Unido en 2010, sujeto al hecho de que los costos fueran aceptables para el consumidor. En abril de 2000 adoptamos la Obligación en Materia de Energía Renovable. Eximimos a la energía renovable del gravamen sobre el cambio climático. Para 2010, estas medidas proporcionarán al sector de la energía renovable un apoyo de aproximadamente £1.000 millones anuales. Su finalidad es que se logre la expansión necesaria de la energía renovable para ese año. Ahora fijamos el objetivo de duplicar la cuota de generación de electricidad atribuible a la energía renovable en la década posterior a dicho año.

1.19 Al reducir las emisiones de dióxido de carbono, nuestra prioridad es reforzar la contribución de la eficiencia energética y de las fuentes de energía renovable. Deberán lograr mucho más que antes en los próximos 20 años. Creemos que ese progreso ambicioso es logable, aunque incierto.

1.20 La energía nuclear es actualmente una fuente importante de electricidad exenta de carbono. Sin embargo, sus aspectos económicos actuales hacen que no sea una opción atractiva para nueva capacidad electrógena exenta de carbono. También hay cuestiones importantes de desechos nucleares a resolver, entre ellas los desechos ya existentes y los que continúan proviniendo de otras fuentes. No presentamos propuestas específicas de construir nuevas centrales nucleoelectricas. Sin embargo, no descartamos la posibilidad de que, en algún momento del futuro, sea necesario construir instalaciones nucleares para poder satisfacer nuestros objetivos de reducción de las emisiones de carbono. Antes de adoptarse cualquier decisión relativa a nuevas construcciones, será necesario realizar consultas públicas exhaustivas y publicar otro libro blanco explicando nuestras propuestas.

1.21 La generación de electricidad alimentada a carbón también desempeñará un papel importante en la ampliación de la diversidad energética, siempre que se puedan encontrar formas de reducir considerablemente sus emisiones de carbono. Continuaremos apoyando proyectos de investigación pertinentes para desarrollar opciones relativas a tecnologías de carbón más limpias y de captación y almacenamiento de carbono. Es probable que la producción nacional de carbón

continúe disminuyendo a medida que los pozos existentes lleguen al final de su vida geológica y económica. Adoptaremos un programa de ayuda mediante inversiones a fin de ayudar a los pozos existentes a explotar nuevas reservas, cuando sean económicamente viables, y contribuir a proteger puestos de trabajo.

Cómo lograremos nuestras metas...

1.22 Para lograr nuestra meta de **reducir las emisiones de carbono**, necesitamos continuar desvinculando el crecimiento económico del uso energético y la contaminación. Desde 1970, el consumo de energía en el Reino Unido ha aumentado en alrededor del 10%, en tanto que el tamaño de la economía se ha duplicado. Tenemos que acelerar esta tendencia.

1.23 Próximamente se iniciarán las deliberaciones relativas a resolver el cambio climático después de 2008-12. En base a las políticas existentes, prevemos emisiones de dióxido de carbono en el Reino Unido de aproximadamente 135 millones de toneladas de carbono (MtC) en 2020. Prevemos una intención de lograr reducciones de carbono de 15-25 MtC por debajo de ese nivel para 2020. Consideramos que se puede lograrlo reduciendo nuestro consumo de energía, junto con un aumento considerable de la energía renovable. Al aclarar cuáles son nuestras intenciones, nos proponemos dar las señales necesarias para que las empresas realicen inversiones, y ayudar a los fabricantes británicos a aventajar a los demás desarrollando tecnologías ecológicas que, según creemos, desempeñarán una función importante en la futura prosperidad mundial.

1.24 Un aspecto crucial del futuro marco de mercado y política será un programa de compra y venta de emisiones de carbono. Ya lanzamos nuestro propio programa voluntario de compra y venta en el Reino Unido. A partir de 2005, se prevé que los generadores de electricidad, las refinerías de petróleo y otros sectores industriales formarán parte de un programa mucho más amplio que abarcará a la Unión Europea. Al establecer límites máximos a las emisiones, el programa proporcionará incentivos claros para la realización de inversiones en eficiencia energética y tecnologías más limpias al menor costo posible. Fomentaremos mayores oportunidades de compra y venta a todos los niveles. Cooperaremos con nuestros interlocutores de la UE para ampliar, dondequiera que

resulte apropiado, la cobertura del programa de la UE a su debido tiempo. Consideraremos de modo más exhaustivo las cuestiones involucradas en las vinculaciones entre impuestos y programas de permisos de compra y venta a medida que el programa de la UE se torne más claro.

1.25 La compra y venta de emisiones no bastará por sí sola para lograr nuestras metas ambientales. Necesitaremos otras medidas, por ejemplo, para fomentar una mayor eficiencia energética en las empresas, el sector público y los hogares. Las políticas destinadas a aumentar la eficiencia energética de productos y edificios desempeñarán una función importante. Desarrollaremos el actual compromiso de eficiencia energética, que requiere que los proveedores de electricidad y gas alienten a sus clientes domésticos a invertir en medidas como aislamiento de paredes huecas. Nos proponemos adelantar a 2005 la próxima reseña del Reglamento de la Construcción a fin de aumentar los niveles de eficiencia energética en nuevos edificios y en renovaciones. Apoyaremos en Europa niveles más altos de eficiencia energética en bienes comercializables como neveras y ordenadores personales. Fomentaremos mejoras en materia de eficiencia y combustibles más bajos en carbono en el transporte. Proporcionaremos un mayor nivel de fomento para inversiones en energía renovable e infraestructura a través de medidas como subvenciones en capital y mayor apoyo en materia de planificación. Estamos aumentando los fondos para subvenciones en capital destinadas a fuentes de energía renovable en £60 millones, además de los £38 millones de fondos adicionales anunciados en la Reseña de Gastos de 2002. Daremos el ejemplo en todo el sector público mejorando la eficiencia energética de edificios y adquisiciones.

1.26 Nuestra segunda meta es **mantener la fiabilidad de los suministros de energía de Gran Bretaña**. Esto requiere acción en numerosos frentes. Necesitamos la infraestructura y el sistema regulador correctos en nuestro país y mercados energéticos liberalizados en la UE. Intentaremos forjar relaciones internacionales más estrechas a fin de promover estabilidad regional y reforma económica en áreas productoras clave, comprensión mutua del funcionamiento de mercados y condiciones para inversiones extranjeras directas a fin de facilitar

nuevas inversiones en infraestructura en las diversas regiones de hidrocarburos del mundo.

1.27 En los mercados liberalizados, los precios a término transmitirán señales acerca de la necesidad de futuras inversiones. Los proveedores actuarán según esas señales y según sus propias evaluaciones de los riesgos y oportunidades, para innovar y planificar el cumplimiento de esas necesidades. En respuesta a las señales actuales del mercado, algunas empresas ya proyectan aumentar las importaciones de gas por nuestro gasoducto a Bélgica; otros están estudiando las opciones relativas a almacenamiento de gas y nuevas instalaciones de importación de GNL. Estas evoluciones contribuyen a proporcionar tranquilidad en el sentido de que el mercado realizará inversiones en la capacidad que necesitamos para proporcionar suministros energéticos fiables. 1.28 En tercer lugar, tenemos la firme intención de promover **mercados energéticos competitivos**, en el Reino Unido y en otros países. Esto contribuirá a aumentar niveles sostenibles de crecimiento económico y apoyar nuestra competitividad a través de energía fiable y asequible. Un sector energético competitivo es importante para la competitividad y productividad de toda la economía. Necesitamos una mayor productividad de recursos en el sector de negocios a fin de que nuestras firmas utilicen la energía de modo más eficiente, reduzcan las emisiones de dióxido de carbono y disminuyan los costos al mismo tiempo. A tal efecto, alentaremos a las empresas a innovar y minimizar los costos y a proporcionar bienes y servicios de mayor calidad. Continuaremos con el compromiso que asumimos respecto de mercados energéticos competitivos y utilizaremos instrumentos de mercado para concretar nuestras metas más amplias de política energética. Cooperaremos con el sector de negocios a fin de ayudarle a prepararse para la economía baja en carbono y aprovechar las oportunidades que proporciona. A través de nuestra nueva red de especialidades en el sector, trabajaremos con la industria energética para desarrollar las especialidades que la industria necesita.

1.29 Nuestra última meta es **asegurarnos de que cada hogar tenga calefacción adecuada y asequible**. En 1996, 5,5 millones tuvieron que gastar más del 10% de sus ingresos para tener calefacción adecuada en su hogar. Los

precios más bajos y las prestaciones más altas de la seguridad social ya han contribuido a disminuir este número a alrededor de 3 millones.

1.30 A la par de nuestras políticas para reducir la pobreza, debemos resolver el problema de los hogares viejos, mal aislados y con corrientes de aire, donde se malgasta mucha energía. En 2001, nuestra estrategia relativa a la pobreza energética estableció políticas destinadas a poner fin a la pobreza energética en hogares vulnerables de Inglaterra para 2010. Nos proponemos asimismo lograr que, en la medida de lo posible, nadie en el Reino Unido viva en condiciones de pobreza energética para 2016-18. Los programas de subvenciones y el compromiso asumido con relación a la eficiencia energética ya están mejorando hogares a través de un mejor aislamiento, sistemas de calefacción más eficientes y minimización de corrientes de aire. En meses posteriores del año en curso examinaremos los resultados de estas políticas y decidiremos qué más debemos hacer para lograr nuestros objetivos en cuanto a la pobreza energética.

La innovación es fundamental...

1.31 La innovación tecnológica desempeñará un papel esencial en apuntalar nuestras metas y lograr una economía baja en carbono de manera eficaz en función de los costos. Apoyaremos la investigación, el desarrollo y la innovación a fin de fomentar el desarrollo de nuevas opciones de plazo más prolongado como la economía del hidrógeno y, en caso necesario, para facilitar las tecnologías emergentes, como las fuentes de energía renovable y las nuevas tecnologías de eficiencia energética. Los Consejos de Investigaciones establecerán un nuevo centro nacional de investigaciones energéticas.

1.32 A través de nuestros programas nacionales, colaboraciones internacionales y programas multilaterales, haremos lo posible por maximizar el rendimiento de nuestra participación. Cooperaremos con nuestros interlocutores del G8 y de la UE a fin de desarrollar tecnologías de cambio climático que nos ayuden a concretar nuestros anhelos de reducción de carbono y ayuden a otros, especialmente en países en desarrollo, a concretar los suyos.

Contemplando el futuro...

1.33 Debemos prepararnos para un sistema energético que probablemente será muy diferente del actual. Será el mercado el que lo desarrolle y realice inversiones en esta esfera. No obstante, debemos establecer metas claras y una estrategia dentro de la cual el mercado tenga la confianza, la capacidad y el sentido del compromiso a largo plazo para hacerlo. Nuestro enfoque se basa en los siguientes principios clave:

- _ las inversiones energéticas suelen ser a largo plazo;
- _ el modo más barato, más limpio y más seguro de satisfacer todas nuestras metas es utilizar menos energía. Debemos mejorar la eficiencia energética en los próximos 20 años mucho más que en los últimos 20;
- _ un mercado energético bien diseñado, transparente y abierto es el mejor modo de lograr resultados eficientes. Cuandoquiera que sea posible, utilizaremos instrumentos de mercado para lograr nuestras metas. En particular, la compra y venta de emisiones será el eje de nuestros mercados energéticos a partir de 2005;
- _ tendremos que continuar utilizando la compra y venta así como otras medidas para reducir el carbono, junto con medidas para aumentar la eficiencia energética en los hogares, productos y transporte;
- _ las redes de electricidad nacionales y locales, los sistemas de medidores y las disposiciones reguladoras que se crearon para un mundo de instalaciones electrógenas centralizadas, en gran escala, deberán reestructurarse en los próximos 20 años a fin de apoyar el surgimiento de una escala mucho mayor de energía renovable y de la generación de electricidad distribuida en pequeña escala;
- _ el futuro sistema energético requerirá una participación mayor de las regiones de Inglaterra y de las comunidades locales, suplementado con un sistema de planificación que facilite más las inversiones en infraestructura y la nueva generación de electricidad, en particular de fuentes de energía renovable. Los vínculos fuertes con las Administraciones que ejercen poderes delegados, y que ya se dedican plenamente a una gran variedad de cuestiones energéticas, continuarán siendo esenciales;

_ la diversidad es el mejor modo de protegernos contra las interrupciones del suministro, alzas súbitas de precios, terrorismo u otras amenazas a la seguridad del suministro. Al pasar a ser un importador neto de energía, necesitaremos muchas fuentes, muchos proveedores y muchas rutas. Las relaciones internacionales en Europa y el mundo entero serán crecientemente importantes para lograr nuestras metas energéticas generales;

_ buscaremos las mejores formas de influir sobre los resultados de conformidad con los principios de una mejor regulación, maximizando el uso de mecanismos basados en el mercado y/o voluntarios, promoviendo reglamentos sólo si es evidente que son necesarios y sólo si han sido bien concebidos. En aquellos casos en que se requiera reglamentación, nos aseguraremos de que tenga en cuenta el impacto sobre los principales interesados a fin de minimizar la carga, especialmente para las pequeñas y medianas empresas; y

_ al concebir nuevas políticas energéticas, consideraremos su impacto sobre todos los objetivos de nuestra política energética, de conformidad con nuestro enfoque general del desarrollo sostenible.

Una estrategia de plazo prolongado...

1.34 Hemos establecido un marco de plazo prolongado para concretar nuestras metas ambientales, de seguridad de suministro, de competitividad, y sociales. Dado que la energía requiere inversiones de plazo muy prolongado, hemos pensado en el año 2050 para determinar el contexto general. Hemos examinado lo que tendremos que haber logrado para 2020 si es que hemos de tener la seguridad de estar avanzando por el rumbo correcto, con rapidez suficiente, a fin de concretar nuestras metas para 2050. Hemos intentado definir una visión estratégica de largo plazo para la política energética. Hemos establecido estrategias de largo plazo y, en ese contexto, políticas de plazo más corto para encaminarnos por el rumbo que debemos tomar. No hemos intentado definir cada detalle de las políticas que debemos seguir en los próximos 20 años y más. Eso no sería realista. Debemos estar preparados, dentro de un contexto estratégico firme y claro, para examinar el impacto de los cambios de política y para actualizar y modificar nuestras medidas de política detalladas a la luz de la

experiencia. Por ejemplo, consideramos que la innovación tecnológica hará una contribución importante al logro de concretar nuestra visión a largo plazo. Esto aportará nuevas oportunidades y posiblemente nuevos desafíos que no podemos imaginar ahora. Tenemos que estar preparados para adaptar y desarrollar nuestras políticas a la luz de esas oportunidades y de los cambios más amplios en la sociedad. Reforzaremos las capacidades de nuestra política energética, incluidos informes públicos anuales sobre el progreso logrado en el logro de nuestras metas y las medidas que estamos adoptando para asegurarnos de no perder el rumbo.

1.35 Ésta no será la última declaración estratégica importante sobre la política energética, pero establece una nueva vía, y una nueva determinación, que nos permitirá lograr cambios muy significativos a plazo tanto corto como más prolongado. Es un desafío muy grande. Pero un desafío al que hay que hacer frente. Y un desafío que, según creemos, podremos satisfacer.

Capítulo 1

Energía más limpia y más inteligente: políticas para un futuro bajo en carbono: los nuevos desafíos requerirán un nuevo enfoque. Establecemos los objetivos y principios de nuestra política energética que nos guiarán, en base a avanzar hacia una reducción del 60% en las emisiones de dióxido de carbono para 2050.

Capítulo 2

El medio ambiente: la amenaza del cambio climático requiere una acción mundial pero podemos reducir nuestras emisiones de dióxido de carbono manteniendo al mismo tiempo nuestra competitividad, utilizando mecanismos de mercado como la compra y venta de emisiones.

Capítulo 3

La eficiencia energética puede hacer una gran contribución a las reducciones de carbono. Proponemos medidas para que el Reglamento de la Construcción sea más riguroso, mejorar los niveles de los productos y fomentar una mayor eficiencia energética en los hogares y las oficinas.

Capítulo 4

La generación baja en carbono también puede hacer una gran contribución. Continuaremos apoyando las fuentes de energía renovable y la CHP y trabajaremos con Ofgem y otros a fin de resolver las dificultades que experimentan los generadores más pequeños. No proponemos la construcción de nuevas centrales nucleoelectricas ni la descartamos.

Capítulo 5

Transporte: necesitamos, a corto plazo, reducir las emisiones de carbono mediante mejores vehículos y, a un plazo más prolongado, mediante combustibles más bajos en carbono; la aviación, la navegación y los ferrocarriles también pueden ayudar.

Capítulo 6

La fiabilidad energética es esencial. Necesitamos seguridad energética a precios previsibles a través del mercado. Tratamos las dimensiones nacional e internacional de pasar a ser un importador de energía, incluida la diversidad energética. El carbón continúa teniendo un futuro mediante el uso de una tecnología más limpia.

Capítulo 7

Nuestra productividad y competitividad dependen de la energía y, más específicamente, de precios energéticos competitivos, mayor productividad de recursos, promoción del espíritu de empresa, asegurarse de tener las especialidades energéticas apropiadas, promoción de la innovación energética mediante mayores inversiones, y fomento de inversiones.

Capítulo 8

La energía y las personas vulnerables: hay demasiadas personas en el Reino Unido que no pueden permitirse la energía que necesitan para tener calefacción adecuada en su hogar. Debemos ayudarles y apoyar a las personas en países en desarrollo que carecen de acceso fácil a la energía.

Capítulo 9

El logro debe tener lugar a través del partenariado con otros interesados, incluidas las Administraciones que ejercen poderes delegados, las regiones, el gobierno local y las empresas.

EK 23. “Yakıt Geleceğimiz: Düşük Karbon Ekonomisi Yaratmak” isimli Metnin İngilizce Orijinali

ENERGY WHITE PAPER

a summary

Our energy future -creating a low carbon economy

The DTI drives our ambition of ‘prosperity for all’ by working to create the best environment for business success in the UK. We help people and companies become more productive by promoting enterprise, innovation and creativity. We champion UK business at home and abroad. We invest heavily in world-class science and technology. We protect the rights of working people and consumers. And we stand up for fair and open markets in the UK, Europe and the world.

1.1 Our country needs a new energy policy. Despite the improvements made over the last five years, today’s policy will not meet tomorrow’s challenges. We need to address the threat of climate change. We must deal with the implications of reduced UK oil, gas and coal production, which will make us a net energy importer instead of an energy exporter. We need over the next 20 years or so to replace or update much of our energy infrastructure.

1.2 With these challenges come new opportunities. To shift the UK decisively towards becoming a low carbon economy. To develop, apply and export leading-edge technologies, creating new businesses and jobs. To lead the way in Europe and internationally in developing environmentally sustainable, reliable and competitive energy markets that will support economic growth in every part of the world.

1.3 Energy is fundamental to almost everything we do. We expect it to be available whenever we want, affordable, safe and environmentally sustainable. Only when something goes wrong do we realise how much modern industrialised countries depend upon extremely complicated energy systems.

1.4 Against this background, we published on 24 February a white paper, *Our energy future - creating a low carbon economy*. This summarises the main conclusions.

Cleaner, Smarter Energy: policies for a low carbon future

The challenges we face...

1.5 The first challenge is **environmental**. Climate change is real. The 1990s were the warmest decade since records began. Without action to reduce greenhouse gas emissions, the earth's temperature is likely to rise faster than at any time in the last 10,000 years or more. In the UK, risks of droughts and flooding are likely to increase. Sea levels will rise, so extreme high water levels could be 10 to 20 times more frequent at some parts of the east coast by the end of the century. But the worst effects of climate change can be avoided if greenhouse gases in the atmosphere are stabilised instead of being allowed to increase. Far more needs to be done. The UK will continue to show leadership but cannot solve this problem alone. UK emissions of carbon dioxide are only about 2% of the global total. A concerted international effort is needed. We will continue to work with other countries to establish a consensus around the need for change and for firm commitments to take action to reduce carbon emissions world wide within the framework of the UNFCCC1. We also need to secure international commitment to this ambition. We need to develop our understanding of climate change. We are investing in climate change research to underpin our knowledge base.

1.6 We want the world's developed economies to cut emissions of greenhouse gases by 60% by around 2050. We will put ourselves on a path towards a reduction in carbon dioxide emissions of some 60% from current levels by about 2050. Until now our energy policy has not paid enough attention to environmental problems. Our new policy will ensure that energy, the environment and economic growth are properly and sustainably integrated. 1.7 We can get to a 60% cut in emissions by 2050 in a number of ways. Leaving action until the last minute is not a serious option. If we do not begin now, more dramatic, disruptive and expensive change will be needed later. We need early, well-planned action to provide a framework in which businesses and the economy generally, including the jobs and skills base, can adjust to the need for change, and encourage new technologies.

1.8 We have analysed carefully the likely impacts on the UK economy of cutting emissions by 60% by 2050. Our analysis suggests that the cost of effectively tackling climate change would be very small - equivalent to only 0.5-2% of our GDP in 2050 which by then will have tripled compared to now.

1.9 Our second challenge is the **decline of the UK's indigenous energy supplies** - oil, gas, nuclear and coal. Much of the UK's economically viable deep mined coal is likely to be exhausted within 10 years. By around 2006 we will also be a net importer of gas and by around 2010 of oil. By 2020 we could be dependent on imported energy for three quarters of our total primary energy needs.

1.10 As we shift to become a net importer, we may become potentially more vulnerable to price fluctuations and interruptions to supply caused by regulatory failures, political instability or conflict in other parts of the world. But being an energy importer does not necessarily make it harder to achieve energy security. Of the leading industrial nations only Canada and the UK are net energy exporters. All the others have achieved economic growth as energy importers. We can do the same, as we did before North Sea oil and gas. The best way of maintaining energy reliability will be through energy diversity. We need many energy sources, suppliers and supply routes. Renewables and smaller-scale, distributed energy sources such as micro-CHP and fuel cells will help us avoid over-dependence on imports and can make us less vulnerable to security threats.

1.11 Norway will be a major source of our gas imports over the next decade. We also need to look for supplies from elsewhere eg Russia, the Middle East, North Africa and Latin America. This trade will involve relationships of mutual dependence - their energy being as important to us as their income from us is to their prosperity. Our growing interdependence also means that securing reliable energy supplies will need to be an increasingly important part of our European and foreign policy. We will work internationally to promote regional stability, economic reform, open and competitive markets and appropriate environmental policies in the regions that supply most of the world's oil and gas. We have secured a commitment to energy liberalisation in the European Union (EU) for industrial customers by 2004 and overall by 2007. This is vital to improve our

own access to diverse sources of supply and to allow UK companies to compete in wider markets.

1.12 Our third challenge is the need to **update much of the UK's energy infrastructure** over the next two decades. During the 1990s there was significant new investment in generating capacity, especially gas-fired plant. Some generating capacity has since been mothballed and interest in building new plant, other than renewables, has declined. But further changes are in prospect. European measures to limit carbon emissions and improve air quality are likely to force modernisation or closure of most older coal-fired plant. In the absence of new build or life extensions, nuclear power's share of electricity production will shrink from its current level: there would be only one plant still operating by 2025. Renewables will become a more significant source of electricity as we seek to tackle climate change.

1.13 Over the coming years, substantial investment will be required in other parts of our energy infrastructure. Electricity distribution networks will need to adapt to more renewables and to small-scale, decentralised power generation in homes and businesses. We will need additional connections to gas supplies, both piped and liquefied natural gas (LNG), from a range of sources. In the longer term, as we potentially move to different fuels for vehicles eg compressed natural gas or hydrogen, major investments will be needed in the fuel delivery infrastructure.

The goals of our new energy policy...

1.14 As we address these three challenges, we will have four goals for our energy policy:

- _ to put ourselves on a path to cut the UK's CO₂ emissions by some 60% by about 2050, with real progress by 2020;
- _ to maintain the reliability of energy supplies;
- _ to promote competitive markets in the UK and beyond, helping to raise the rate of sustainable economic growth and improve our productivity; and
- _ to ensure that every home is adequately and affordably heated.

1.15 We believe these four goals can be achieved together. As far as possible we will ensure the market framework and policy instruments reinforce each other to

achieve our goals. Energy efficiency is likely to be the cheapest, safest way of meeting all four objectives. Renewable energy will also play an important part in reducing carbon emissions, while strengthening energy security and improving our industrial competitiveness as we develop cleaner technologies, products and processes.

1.16 There will inevitably from time to time be tensions between different objectives. There is no simple mechanism for determining the relative ‘weights’ of differing objectives. But our approach is guided by the following considerations:

- _ significant damaging climate change is an environmental limit that should not be breached. We need to keep the UK on a path to 60% cuts in carbon dioxide emissions by 2050;

- _ reliable energy supplies are fundamental to the economy as a whole and to sustainable development. An adequate level of energy security must be satisfied at all times in both the short and longer-term;

- _ liberalised and competitive markets will continue to be a cornerstone of energy policy. Where the market alone cannot create the right signals we will take steps that encourage business to innovate and develop new opportunities to deliver the outcomes we are seeking; and

- _ our policies should take account of impacts on all sectors of society.

Specific measures will be needed for particular groups of people, for example to support those for whom energy bills form a disproportionate burden.

The fuel mix...

1.17 We do not propose to set targets for the share of total energy or electricity supply to be met from different fuels. We do not believe Government is equipped to decide the composition of the fuel mix. We prefer to create a market framework, reinforced by long-term policy measures, which will give investors, business and consumers the right incentives to find the balance that will most effectively meet our overall goals.

1.18 We recognise this approach is not enough on its own. In particular, specific measures are needed to stimulate the growth in renewable energy that

will allow it to achieve the economies of scale and maturity that will significantly reduce its costs. In January 2000 we announced our aim for renewables to supply 10% of UK electricity in 2010, subject to the costs being acceptable to the consumer. We introduced in April 2000 the Renewables Obligation. We exempted renewables from the climate change levy. By 2010, these measures will provide support to the renewables industry of around £1 billion a year. This is designed to deliver the required expansion in renewables by then. We now set the ambition of doubling renewables' share of electricity generation in the decade after that.

1.19 In reducing carbon dioxide emissions, our priority is to strengthen the contribution of energy efficiency and renewables. They will have to achieve far more in the next 20 years than previously. We believe such ambitious progress is achievable, but uncertain.

1.20 Nuclear power is currently an important source of carbon-free electricity. However its current economics make it an unattractive option for new, carbon-free generating capacity. There are also important issues of nuclear waste to be resolved, including legacy waste and continued waste arising from other sources. We do not make specific proposals for building new nuclear power stations. However we do not rule out the possibility that at some point in the future new nuclear build might be necessary if we are to meet our carbon targets. Before any decision to proceed with new build there will need to be the fullest public consultation and the publication of a further white paper setting out our proposals.

1.21 Coal fired generation will also have an important part to play in widening energy diversity provided ways can be found materially to reduce its carbon emissions. We will continue to support relevant research projects to develop options for cleaner coal technologies and for carbon capture and storage. Domestic coal production is likely to continue to decline as existing pits reach the ends of their geological and economic lives. We will introduce an investment aid scheme to help existing pits develop new reserves, where they are economically viable and help safeguard jobs.

How we will achieve our goals...

1.22 To achieve our goal of **reducing carbon** emissions we need to continue to decouple economic growth from energy use and pollution. Since 1970 overall energy consumption in the UK has increased by around 10%, while the size of the economy has doubled. We need to accelerate this trend.

1.23 Discussions to tackle climate change beyond 2008-12 will start soon. On the basis of existing policies we expect UK carbon dioxide emissions of some 135 million tonnes of carbon (MtC) in 2020. We expect to aim for cuts in carbon of 15-25 MtC below that by 2020. We believe it is possible to achieve this by reducing our energy consumption, together with a substantial increase in renewable energy. By making our intentions clear we aim to provide the signals needed for firms to invest - and help British manufacturers be ahead of the game in developing green technologies we expect to play a large part in the world's future prosperity.

1.24 Central to the future market and policy framework will be a carbon emissions trading scheme. We have already launched our own voluntary UK trading scheme. From 2005 electricity generators, oil refineries and other industry sectors are expected to be part of a much larger EU-wide scheme. By setting caps on emissions the scheme will provide clear incentives for investment in energy efficiency and cleaner technologies at the lowest cost. We will encourage expanded opportunities for trading at all levels. We will work with our EU partners to extend where appropriate the coverage of the EU scheme in due course. We will consider the issues involved in the linkages between tax and tradable permit schemes further as the EU scheme becomes clearer.

1.25 On its own emissions trading will not be enough to deliver our environmental goals. We will need additional measures, for example to stimulate further energy efficiency in business, the public sector and households. Policies to raise the energy efficiency of products and buildings will have an important role. We will develop the present energy efficiency commitment, which requires electricity and gas suppliers to encourage their domestic customers to invest in measures such as cavity wall insulation. We aim to bring forward to 2005 the next revision of the Building Regulations to raise standards for energy efficiency in new buildings and refurbishments. We will push in Europe for higher energy efficiency standards in

tradable goods such as fridges and personal computers. We will encourage improvements in efficiency and lower carbon fuels in transport. We will provide further encouragement for renewable energy and infrastructure investment through measures such as capital grants and a more supportive approach to planning. We are increasing the funding for renewables capital grants by £60 million, additional to the £38 million of extra funding announced in the 2002 Spending Review. We will set an example throughout the public sector by improving energy efficiency in buildings and procurement.

1.26 Our second goal is to **maintain the reliability of Britain's energy supplies**. This requires action on many fronts. We need the right infrastructure and regulatory system at home and liberalised EU energy markets. We will pursue closer international relationships to promote regional stability and economic reform in key producing areas, mutual understanding of the functioning of markets, and conditions for foreign direct investment to facilitate further infrastructure investment in the world's diverse gas and oil regions.

1.27 In liberalised markets, forward prices will send signals about the need for future investment. Suppliers will act on these signals, and on their own assessments of risk and opportunity, to innovate and plan to meet those needs. In response to current market signals some companies already plan to increase gas imports through our pipeline to Belgium; others are exploring options for gas storage and new LNG importing facilities. These developments help provide reassurance that the market will invest in the capacity we need to provide reliable energy supplies.

1.28 Thirdly, we are determined to promote **competitive energy markets**, in the UK and beyond. This will help to raise sustainable rates of economic growth and support our competitiveness through reliable and affordable energy. A competitive energy sector is important to the whole economy's competitiveness and productivity. We need greater resource productivity in business so our firms use energy more efficiently, reduce carbon dioxide emissions and cut costs at the same time. To do that we will encourage firms to innovate and minimise costs and deliver better quality goods and services. We will continue our commitment to competitive energy markets and use market-based instruments to deliver our

wider energy policy goals. We will work with business to help them prepare for the low carbon economy and seize the opportunities it provides. Through our new sector skills network we will work with the energy industry to develop the skills industry needs.

1.29 Our final goal is to **ensure that every home is adequately and affordably heated**. In 1996, 51.2 million households needed to spend more than 10% of their income on heating their homes adequately. Already, falling prices and higher social security benefits have helped reduce this number to around 3 million.

1.30 Alongside our policies to cut poverty we need to tackle the problem of old, poorly insulated, draughty homes, where much spending on energy is wasted. In 2001 our fuel poverty strategy set out policies to end fuel poverty in vulnerable households in England by 2010. We further aim that as far as reasonably practical nobody in Britain should be living in fuel poverty by 2016-18. Grant schemes and the energy efficiency commitment are already improving homes through better insulation, more efficient heating systems and minimising draughts. Later this year we will review the results of these policies and decide what more needs to be done to achieve our fuel poverty objectives.

Innovation is fundamental...

1.31 Technological innovation will have a key part to play in underpinning our goals and delivering a low carbon economy cost-effectively. We will support research, development and innovation to encourage the development of new, longer-term options such as the hydrogen economy, and where necessary to enable emerging technologies, such as renewables and new energy efficiency technologies. A new national energy research centre will be established by the Research Councils.

1.32 We will work through our national programmes, international collaborations and multilateral programmes to enable us to maximise return on our participation. We will work with our G8 and EU partners to develop climate change technologies to help us meet our carbon reduction ambitions and help others, especially the developing world, meet theirs.

Looking to the future...

1.33 We need to prepare for an energy system likely to be quite different from today. It will be for the market to develop and invest in this. But we need to set clear goals and a strategy within which the market has the confidence, ability and sense of long-term commitment to do so. Our approach is based on the following key principles:

- _ energy investments are generally long-term;
- _ the cheapest, cleanest and safest way of meeting all our goals is to use less energy. We must improve energy efficiency far more in the next 20 years than in the last 20;
- _ a well-designed, transparent and open energy market is the best way of achieving efficient outcomes. We will wherever possible use market instruments to achieve our goals. In particular, emissions trading will be at the centre of our energy markets from 2005 onwards;
- _ we will need to continue to use trading as well as other measures to reduce carbon, along with measures to drive up energy efficiency in homes, products and transport;
- _ the nationwide and local electricity grids, metering systems and regulatory arrangements that were created for a world of large-scale, centralised power stations will need restructuring over the next 20 years to support the emergence of far more renewables and small-scale, distributed electricity generation;
- _ the future energy system will require greater involvement from English regions and from local communities, complemented by a planning system that is more helpful to investment in infrastructure and new electricity generation, particularly renewables. Strong links with the Devolved Administrations, who are already fully engaged on a wide range of energy issues, will continue to be essential;
- _ diversity is the best way of protecting ourselves against interruptions of supply, sudden price rises, terrorism or other threats to security of supply. As we become a net energy importer we will need many sources, suppliers and routes. International relations in Europe and worldwide will be increasingly important to achieving our overall energy aims;

_ we will seek out the best ways to influence outcomes in line with the principles of better regulation, maximising use of market-based and/or voluntary mechanisms, promoting regulations only where they are clearly necessary and well designed. Where regulation is required we will work to make sure it takes account of the impact on key stakeholders to minimize the burdens particularly on smaller and medium sized enterprises; and

_ when designing new energy policies, we will consider their impact on all of our energy policy objectives, in line with our overall approach to sustainable development.

A strategy for the long-term...

1.34 We have set out a long-term framework to deliver our environmental, security of supply, competitiveness and social goals. Because energy requires very long-term investment we have looked ahead to 2050 to set the overall context. We have reviewed what we will need to have achieved by 2020 if we are to be confident we are moving in the right direction, fast enough, to deliver our aims for 2050. We have sought to define a longterm strategic vision for energy policy. We have set out long-term strategies and, against that background, shorter-term policies to set us on the path we need to be on. We have not sought to define every detail of the policies we need to pursue over the next 20 years and beyond. That would not be realistic. We need to be prepared, within a firm and clear strategic context, to review the impact of policy changes and to update and amend our detailed policy measures in the light of experience. We believe, for example, that technological innovation will have an important contribution to make in helping to deliver our long-term vision. This will bring new opportunities and possibly new challenges that we cannot imagine now. We have to be prepared to adapt and evolve our policies in the light of those opportunities and wider changes in society. We will strengthen our energy policy capabilities, including annual public reports on progress towards our aims and the steps we are taking to ensure we remain on track.

1.35 This will not be the last major strategic statement on energy policy. But it sets a new direction, and a new determination, to deliver very significant changes

in both the short and longer terms. It is a massive challenge. But it is one that has to be met. And one we believe we can meet.

Chapter 1

Cleaner, Smarter Energy: policies for a low carbon future: new challenges will require a new approach. We set out our energy policy goals and principles that will guide us, based on moving towards a 60% reduction in carbon dioxide emissions by 2050.

Chapter 2

The environment: the threat of climate change requires global action, but we can reduce our carbon dioxide emissions while maintaining our competitiveness, using market mechanisms like emissions trading.

Chapter 3

Energy efficiency can make a big contribution to carbon cuts. We propose action to tighten Building Regulations, improve product standards and encourage greater energy efficiency in homes and offices.

Chapter 4

Low carbon generation can also make a big contribution. We will continue to support renewables and CHP and will work with OFGEM and others to address the burdens on smaller generators. We do not propose new nuclear build or rule it out.

Chapter 5

Transport: we need in the short-term to reduce carbon emissions through better vehicles, and in the longer-term through lower carbon fuels; aviation, shipping and rail can also help.

Chapter 6

Energy reliability is essential. We need energy security at predictable prices through the market. We discuss the domestic and international dimensions of becoming an energy importer, including energy diversity. Coal still has a future using cleaner coal technology.

Chapter 7

Our productivity and competitiveness depends on energy and specifically competitive energy prices, higher resource productivity, promoting enterprise,

ensuring we have the right energy skills, promoting energy innovation with higher spending, and encouraging investment.

Chapter 8

Energy and the vulnerable: too many people in the UK cannot afford the energy they need to heat their homes adequately. We must help them, and support people in developing countries that do not have easy access to energy.

Chapter 9

Delivery must be through partnership with other stakeholders, including Devolved Administrations, the regions, local government and business.