

4. UMWELTZUSTAND DES GEBIETES IM BEREICH DES AKW VOR DEM BETRIEB

Inhaltsverzeichnis

4. UMWELTZUSTAND DES GEBIETES IM BEREICH DES AKW VOR DEM BETRIEB.....	2
4.1. Allgemeine Beschreibung der geographischen Umgebung.....	2
4.2. Charakterisierung der Radioaktivität der Umgebung	7
4.2.1. Regulativer Hintergrund	7
4.2.2. Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich des Grundpegels	7
4.3.2. Klimatische Verhältnisse, meteorologische Charakteristika	9
4.3.2.1. Regionale klimatische Verhältnisse.....	10
4.3.2.2. Lokale Charakteristika.....	10
4.3.4.1. Geologische Gegebenheiten.....	12
4.3.4.2. Geologische und hydrogeologische Zusammenhänge im Donautal.....	21

4. UMWELTZUSTAND DES GEBIETES IM BEREICH DES AKW VOR DEM BETRIEB

(...)

4.1. Allgemeine Beschreibung der geographischen Umgebung

Die Präsentation der naturgeographischen und wirtschaftsgeographischen Gegebenheiten des unmittelbaren Umkreises des Atomkraftwerkes erfolgt auf der Grundlage der Arbeit "Kataster der ungarischen Mikrolandschaften" (Herausgeber: S. Marosi und S. Somogyi, 1990) [1] in tabellarischer Form. (Diese Arbeit ist schon vor einiger Zeit entstanden – und unseres Wissens ist auch eine Neuauflage in Vorbereitung – dennoch sind deren Informationen keineswegs veraltet, sind doch solche natur- und wirtschaftsgeographischen Parameter in der Regel sehr beständig und verändern sich nur sehr langsam.)

Der Umkreis von dreißig Kilometer des Atomkraftwerks ist die **Große Ungarische Tiefebene** (Makrolandschaft), innerhalb derer in erster Linie die **Mesolandschaft der Ebene entlang der Donau** und **das Mezőföld** (zu deutsch in etwa: Wiesengrund). Zur Ebene entlang der Donau gehören im weiteren **die Ebene von Solt, das Sárköz** (zu deutsch in etwa: Schlammzwischenland) **von Kalocsa, das Sárköz von Tolna**, zum Bereich des Mezőfölds wiederum gehören das **mittlere und südliche Mezőföld** als Mikroregionen. **Die Stadt Paks selbst ist am nördlichen Rand der Mikrolandschaft des südlichen Mezőfölds situiert.**

Die am ehesten betroffenen Mikrolandschaften sind daher folgende:

- **Sárköz von Kalocsa** (befindet sich auf dem Gebiet der Komitate Bács-Kiskun und Tolna, ist eine überschwemmungsgebietsartige Ebene auf 88-112 Meter baltischer Seehöhe. Am rechten Ufer erhebt sich ein höhergelegenes Inundationsgebiet, das mit Flugsand bedeckt ist (die Terrassen bei Madocs). Im östlichen Bereich ist es sehr häufig ein Sumpf- und Moorgebiet. Auf den verstreuten, unerheblichen Waldgebieten sind in erster Linie junge Laub- und Tannenbäume zu finden. Aus landwirtschaftlicher Sicht bedeutend sind Weizen, Gerste, Kukuruz, Zwiebel und Paprika.)
- **Sárköz von Tolna** (befindet sich auf dem Gebiet des Komitats Tolna, ist eine überschwemmungsgebietsartige Ebene auf 88-162 Meter baltischer Seehöhe. Das Gebiet ist binnenwassergefährdet, vor der Flussregulierung befanden sich hier ausgedehnte Sümpfe. Die Gegend ist in der Regel von Schlamm und Ton bedeckt, im Süden manchmal auch von Löss. Waldwirtschaftlich gesehen sind in erster Linie junge und mittel alte Laub- und Tannenbäume zu finden. Aus landwirtschaftlicher Sicht bedeutend sind Weizen, Gerste, Kukuruz und Paprika.)
- **Südliches Mezőföld** (befindet sich auf dem Gebiet der Komitate Fejér und Tolna, ist eine mittel hohe, gegliederte Ebene auf 96-214 Meter baltischer Seehöhe. Geröllkegelebene mit Flugsand und Löss bedeckt, die Oberfläche wird von halbgebundenem Flugsand bedeckt, waldwirtschaftlich gesehen sind in erster Linie junge und mittel alte Laub- und Tannenbäume zu finden. Aus landwirtschaftlicher Sicht bedeutend sind Weizen und Kukuruz)
- **Tal von Sárvíz** (befindet sich auf dem Gebiet der Komitate Fejér und Tolna, ist ein, Terrassen gegliedertes Flusstal auf 89-161 Meter baltischer Seehöhe, Geröllkegelebene abwechselnd mit Flugsand oder Löss bedeckt, die Oberfläche wird von halbgebundenem Flugsand bedeckt, waldwirtschaftlich gesehen sind in erster Linie junge Laubbäume zu finden. Aus landwirtschaftlicher Sicht bedeutend sind Weizen und Kukuruz)

Eine genauere Charakterisierung der betroffenen Mikrolandschaften gibt im folgenden Tabelle 4.1. gemäß Mikrolandschaftskataster wieder.

Tabelle 4.1: Wichtigere geographische Faktoren der untersuchten Mikrolandschaften

Mikrolandschaft	Wiesengrund						Ebene entlang der Donau					
Merkmale	Mittel 1430 km ²	Süd 500 km ²	Sárviz Tal 400 km ²			Ebene bei Solt 700 km ²	Kalocsa-Sárköz 1050 km ²			Tolnai-Sárköz 600 km ²		
Raumnutzung												
Verteilung	Binnengebiet: 5,4% Feld: 84,2% Garten: 0,8% Wein: 1,9% Wiese, Weide: 1,4% Wald: 5,6% Gewässer: 0,6% Bergbau: 0,1% geschützt: 0,2%	Binnengebiet: 3,5% Feld: 74,7% Garten: 1,6% Wein: 3,6% Wiese, Weide: 9,8% Wald: 6,4% Gewässer: 0,2% Bergbau: 0,2% geschützt: 0,7%	Binnengebiet: 4,4% Feld: 74,1% Garten: 0,2% Wein: 0,5% Wiese, Weide: 7,3% Wald: 5,2% Gewässer: 5,7% Bergbau: 2,6% geschützt: 0,1%	Binnengebiet: 3,4% Feld: 71,2% Garten: 1,0% Wein: 2,0% Wiese, Weide: 12,9% Wald: 3,0% Gewässer: 6,5% Bergbau: 0,1% geschützt: 56,0%	Binnengebiet: 3,7% Feld: 75,5% Garten: 0,3% Wein: 0,6% Wiese, Weide: 9,7% Wald: 5,5% Gewässer: 3,7% Bergbau: 1,0% geschützt: 0,5%	Binnengebiet: 3,7% Feld: 70,9% Garten: 0,2% Wein: 0,4% Wiese, Weide: 1,5% Wald: 21,2% Gewässer: 1,5% Bergbau: 0,6% geschützt: 30,0%						
Geländebeziehungen												
Seehöhe	97 - 204 m	96 - 214 m	89 - 161 m			93 - 141 m	88 - 112 m			88 - 162 m		
Typ	Ebene mit Löss	Ebene mit Sand und Löss	Terrassenflusstal			Überschwemmungsgebiet	Überschwemmungsgebiet			N: Überschwemmungsgebiet tief. S: Überschwemmungsgebiet		
Durchschnittsrelief	NO: 10 m/km ² , SW: um 20 m/km ²	12 m/km ² , ill. 4 - 6 m/km ²	Überschwemmungsgebiet: 3 - 6 m/km ² , sonst: 10 - 12 m/km ²			4 - 6 m/km ²	1 - 2 m/km ²			1 - 2 m/km ²		
Geologische Gegebenheiten												
unterirdisch	Pannonische Tonsedimente	Pannonische Sedimente	Pannonische Sedimente			pannon üledék	Pannonische Tonsedimente			Pannonische Sedimente		
oberirdisch	Äolischer Löss, Schlamm-sedimente	Sand, Löss	Überschwemmungssedimente, Sand Löss			Große Flussanschwellungen	Holozänsedimente, Schotter			Sand, Holozänsedimente		
Pot. max. seism.	60 MS	60 MS	70 MS			6 - 70 MS	60 MS			60 MS		

Geologische Gegebenheiten						
Haupttypen	64 % kalkhaltige Schwarzerde, 16 % in dessen ungarisch-tiefenländischer Form, 9 % Wiesenschwarzerde	gemischt, 29% Braunerde, 20% kalkhaltige Schwarzerde, 18% schwarzerdeartiger Sand., 13%Wiesenschwarzerde	41% Flachwiesen, 14% Wiesen 9% Wiesenaufschüttungen, 6% flache Platten Wiesen- und kalkhaltige Schwarzerde,	gemischt, 27% Wiesenschwarzerde 21% salzhaltige Schwarzerde 20% salzhaltiger Boden	41% Wiesenaufschüttungen 27 % Wiesenschwarzerde, 9% Wiesengründe	94% Wiesengrundbildungen
Fertilität	Größtenteils gut (Klasse II-III.)	Gemischt, gut und schlecht	Mehrheitlich mittel, oder schlechter (Klasse III.-IX.)	Überwiegend ungünstig	Überwiegend schlechter als mittel Klasse VI	Klasse V und schlechter
Wichtigere klimatische Verhältnisse						
Allg. Merkmale	Gemäßigt warm, trocken	An der Grenze zwischen gem. warm-warm, trocken, gemäßigt trocken	Im N gemäß. warm an der Grenze zu kühl, im S warm; trocken	Gemäßigt warm, trocken	gemäßigt warm, trocken	gemäßigt warm, gemäßigt trocken
Sonnenscheindauer	Im N 2000 Stunden, im S 2050 Stunden	Um 2050 Stunden	Im N unter 2000 Stunden, im S 2050 Stunden	2050 – 2070 Stunden	Um 2070 Stunden	2050 - 2060 Stunden
Mittlere Temperatur	Im N 9,8 - 9,9 °C, im S 10,2 - 10,3 °C	Im N 10,2 - 10,3 °C, im S um 10,5 °C	Im N 9,6 - 9,8 °C, in der Mitte 9,9-10,0°C, im S 10,2 - 10,3 °C	10,4 – 10,5 °C	10,5°C	10,5 °C, im S 10,6 - 10,7 °C
Mittlere Temperatur im Vegetationsstadium	16,1 - 17,0 °C	17,2 - 17,3 °C	16,5 - 16,8°C ill. 16,3 - 17,0 °C	17,2 °C	17,2-17,3°C	17,2 - 17,3 °C
Durchschnittsniederschlag	550 - 600 mm	Im N 560 - 570 mm, im S um 630 mm	580 – 610, aber im N nur 560 mm	550 – 580 mm	570 - 590 mm	Im N 600 mm, sonst 620 - 650 mm
Niederschlagsmenge in der Vegetationszeit	320 - 340 mm	320 - 360 mm	330 - 350 mm	320 – 330 mm	320 - 350 mm	Im N 320 - 340 mm, sonst 360 - 380 mm
Schneetage	30 - 32 Tage	33 - 34 Tage	32 - 35 Tage	30 - 32 Tage	32 - 33 Tage	33 - 35 Tage
Ariditätsindex	O und W um 1,3 sonst 1,17 - 1,28	Im Mittelteil um 1,17, im N 1,24-1,26, im S 1,12	1,15 - 1,21, im N 1,25	1,21 - 1,28	1,19 - 1,24	Im N 1,17, sonst 1,08 - 1,14
Hersch. Wind	NW	N, NV aber auch S	N-NW (auch Si)	NW	NW (bzw. SW)	NW (sonst S)
Windgeschwindigkeit	wenig über 2,5 m/s	wenig über 3 m/s a	2,5 - 3,0 m/s	Um 2,5 m/s	Bei 3,0 m/s	Bei ,5 m/s
Hydrologische Merkmale						
Charakteristika	Trocken, Wassermangel	Kein Abfluss, trocken	Im N trocken, im S gemäßigt trocken, schwacher Abfluss	Wassermangel, kein Abfluss	Wassermangel, kein Abfluss	gemäßigt trocken, schwacher Abfluss

Flussläufe	Nur kleinere Dinnyés-Kajtor Kanal., Sárosd-Wasser, Baracsi-ér, Nagykarácson-Gartenkanal, Dunaköm-Hauptkanal. Lök-Wasser, Gewässer von Tinód, Klausenburger Kanal	vorübergehende: Hauptkanal Paks-Faddi., Csámpa, Foker Kanal., Flusslauf bei Györkönyi, Éri-Bach	Sárvíz-Kanal, Nádor-Malom-Kanal	Donau, Vadas-Kanal, Sákorkanal, Donautalhauptkanal	Donau, Dunakömlőd-Hauptkanal, Donautalhauptkanal	Donau, Paks-Fadd-Hauptkanal, Sió, Kleine Donau-kanal, Szekszárd-Báta Hauptkanal
Seen	16 natürliche Seen (mit 100 ha Oberfläche), 11 Reservoirs (420 ha), 11 Fischteiche (975 ha)	Fünf kleine Seen(19 ha)	12 Seen, 5 natürliche (21 ha), 4 Fischteiche (213 ha)	27 in der Regel salzhaltige Seen(294 ha), 2 Fischteiche (27 ha)	13 Seen(2544 ha)	36stehende Gewässer, davon 26 tote Flussarme
Überschwemmungsgebiet, Binnengewässer	106,7 km ² Überschwemmungsgebiet	3,7 km ² Überschwemmungsgebiet	250 km ² Überschwemmungsgebiet	-	-	Überschwemmungsgebiet der Donau
Grundwasser	Tiefe unter Lössschichten 4-6 m, sonst 2-4 m, Menge nirgendwo beträchtlich, Charakter in erster Linie Kalzium-Magnesium-Hydrogen-Karbonate, Härtegrad 15-25 nko	In höheren Bereichen 4-6 m, sonst 2-4 m, Menge erreicht nur an den Rändern 1 l/s.km ² , Kalzium-Magnesium-Hydrogen-Karbonate, Härtegrad 25-35 nko	Tiefe im N erreicht kein 2 m, im S 2-4 m, Menge 1-3 l/s.km ² , Kalzium-Magnesium-Hydrogen-Karbonate, Härtegrad 15-25 nko	Tiefe im allgemeinen 2-4 m, Menge beträchtlich (3-5 l/s.km ²), Kalzium-Magnesium-Hydrogen-Karbonate, Härtegrad 15-25 nko	Durchschnittliche Tiefe 2-4m, im O über 2 m, Menge beträchtlich (3-5 l/s.km ²), Kalzium-Magnesium-Hydrogen-Karbonate, Härtegrad 25-35 nko	überall 2-4 m tief, Menge unerheblich (5 l/s.km ²), hauptsächlich Kalzium-Magnesium-Hydrogen-Karbonate, Härtegrad 25-35 nko
Schichtgewässer	Menge erreicht nicht 1 l/s.km ² -t, viele artesischen Brunnen, 50-200 m tief, 200 l/p Wasser, hoher Eisengehalt, hart	Menge erreicht nicht 1 l/s.km ² -t, Wasserertrag wechselnd, hoher Eisengehalt, hart	Menge erreicht nicht 1 l/s.km ² -t, Tiefe der artesischen Brunnen erricht selten 100 m-t, geringer Ertrag	Menge 1-1,5 l/s.km ² , durchschnittliche Tiefe der artesischen Brunnen über 100 m Ertrag 200 l/p, hoher Eisengehalt, hart	Menge 1-1,5 l/s.km ² , viele artesischen Brunnen,, Tiefe im Durchschnitt 100 m, Ertrag 200 l/p, hoher Eisengehalt, hart	Menge 1-1,5 l/s.km ² , viele artesischen Brunnen,, Tiefe im Durchschnitt über 100 m, Ertrag dafür 100 l/p
Ausnutzungsgrad der unterirdischen und der oberirdischen Geässer	theoretisch 40 %, der Brunnen bei 100 %	40 %, der Brunnen bei 80 %	40 %, der Brunnen um 80 %	Oberirdisch 40%, unterirdisch 20%	Oberirdisch 40%, unterirdisch 20%	oberirdisch über 40 %, der Brunnen über 80 %

Flora

Flora	Alföld (Eupannonicum) Flora und Mezőföld (Colocense) Flora	Alföld (Eupannonicum) Flora und Mezőföld (Colocense) Flora	Alföld (Eupannonicum) Flora und Mezőföld (Colocense) Flora	Alföld (Eupannonicum) Flora und Mezőföld (Colocense) Flora	Alföld (Eupannonicum) Flora und Mezőföld (Colocense) Flora	Alföld (Eupannonicum) Flora und Mezőföld (Colocense) Flora
Wichtigere Wälder	Eichenarten	Eichenarten	Eichenarten	Eichenarten	Eichenarten	Eichenarten

Waldwirtschaft	jung und mittel alter, größtenteils Laubwald mit weichen und harten Blättern, zum geringeren teil Tannenwald (Fließwachstum im Jahr 3,0 - 3,7 m3/ha)	jung und mittel alter, in erster Linie hartblättriger, geringfügiger weichblättriger Wald (Fließwachstum im Jahr 3,7 - 4,5 m3/ha)	jung und mittel alter, in erster Linie hartblättriger, geringfügiger weichblättriger Wald und Tannenwald (Fließwachstum im Jahr 3,0 - 4,5 m3/ha)	in erster Linie hartblättriger, geringfügiger weichblättriger Wald unerheblichen Ausmaßes (Fließwachstum im Jahr unter 3,0 m3/ha)	in erster Linie hartblättriger, geringfügiger weichblättriger Wald unerheblichen Ausmaßes ((Fließwachstum im Jahr unter 3,0 m3/ha)	jung und mittel alter weichblättriger Laubwald und Tannenwald (Fließwachstum im Jahr unter 3,0 m3/ha)
Landwirtschaft	Charakteristisch Weizen (30-50 q/ha), Mais (30-60 q/ha), Siomais (120-250 q/ha), Paradeiser (100-200 q/ha), Pfirsich (20-40 q/ha)	Charakteristisch Weizen (25-30 q/ha), Mais (30-50 q/ha), Silomais (150-250 q/ha)	Charakteristisch Weizen (20-30 q/ha), Mais (25-35 q/ha), Silomais (150-200 q/ha)	Charakteristisch Weizen (20-35 q/ha), Roggens (15-25 q/ha), Mais (30-50 q/ha), Luzerne (45-60 q/ha), Rößen (400-700 q/ha)	Charakteristisch Weizen (20-35 q/ha), Gerste (20-35 q/ha), Mais (30-50 q/ha), (40-70 q/ha), Zwiebel (75-125 q/ha)	Charakteristisch Weizen (20-35 q/ha), Gerste (20-35 q/ha), Mais (20-50 q/ha), Zwiebel (50-125 q/ha) Paradeiser (100-250 q/ha), Marille (15-40 q/ha)

(Quelle: Kataster der ungarischen Mikrolandschaften, hg. Institut für Geographie der ungarischen Akademie der Wissenschaften/Hg.: Dr. Marosi S. - Dr. Somogyi S.)

4.2. Charakterisierung der Radioaktivität der Umgebung

4.2.1. Regulativer Hintergrund

Die internationale Praxis erachtet im Falle des Betriebes eines Atomkraftwerkes eine laufende Kontrolle der Umgebung hinsichtlich des Strahlenschutzes für unerlässlich. Dementsprechend wurde bereits in der Phase der Planung und des Baus des Atomkraftwerkes in Paks auch in Ungarn seitens der Regierung und der Regierungsbehörden entsprechende Maßnahmen bezüglich des Strahlenschutzes der Bevölkerung und der Umwelt im Zusammenhang mit dem Betrieb eines Atomkraftwerkes getroffen. Anbetracht der Tatsache dass die Kontrolle der Emission von radioaktivem Material, die Kontrolle des Strahlenschutzes der Umgebung, die Auswertung der so erhaltenen Ergebnisse von den jeweils gültigen Rechtsvorschriften, Verordnungen, Beschlüssen, externen und internen Regeln reguliert werden, wird im folgenden der in den vergangenen dreißig Jahren maßgebliche rechtliche Hintergrund – gemeinsam mit den wichtigsten in diesem Zusammenhang zu erwähnenden Rechtsvorschriften – kurz zusammengefasst.

Mit Beschluss 3296/1976 vom 17. VI. verfügte der Ministerrat die Zuständigkeitsverteilung der unterschiedlichen Fachministerien und präzierte schließlich mit der Verordnung 10/1987 vom 2. II. die Aufgaben der Behörden bzw. regelte auch die Kompetenzverteilung neu. Unter anderen ist hier festgehalten: Die "Koordination der Umweltschutzmaßnahmen im Zusammenhang mit dem Atomkraftwerk ... und den dem Atomkraftwerk entstammenden radioaktiven Stoffen ist Aufgabe des Vorsitzenden des Landesrats für Natur- und Umweltschutz – OKTT, die Initiierung von komplexen Umweltschutzkontrollen jene des Präsidenten des Landesbüros für Natur- und Umweltschutz – OKHT."

Das Gesetz I. aus dem Jahr 1980 über die Atomenergie schrieb die Voraussetzungen der Nutzung der Atomenergie fest, die Verantwortlichkeiten derer, die ein Atomkraftwerk betreiben, regelte die Art und Weise der Bestimmung der Menge der in die Umwelt emittierbaren radioaktiven Stoffe sowie deren Kontrollbedingungen. Die Ministerratsverordnung 12/980 vom 5. IV. schließlich legte die Durchführungsbestimmungen, die einzelnen Aufgaben der Fachministerien fest.

Die Beilage der Verordnung 4/1979 vom 29. V. über die gesundheitspolitischen Bestimmungen im Zusammenhang mit dem Atomkraftwerk des Gesundheitsministeriums führte umweltschützerisch-gesundheitlichen Bedingungen im Detail aus und schrieb hier vor: "Eine Messung und Auswertung der aus natürlichen und künstlichen radioaktiven Isotopen resultierenden Strahlenbelastung der in der Umgebung des Kraftwerkes lebenden Bevölkerung hat noch vor dessen Inbetriebnahme zu erfolgen."

4.2.2. Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich des Grundpegels

Noch vor dem Bau des AKW Paks bzw. noch vor der Inbetriebnahme von Block 1 erfolgten zum Zwecke der Ausmessung der Strahlendosisleistung der Umgebung und der Konzentration radioaktiver Isotopen in den unterschiedlichsten Trägerstoffen – also zum Zweck der Bestimmung des sog. Grundpegels – über Jahre hinaus sehr breit angelegte Untersuchungen [2], [3], [4.I.] (siehe Literaturverzeichnis). Diese radiometrischen Untersuchungen wurden weiters von anderen Messungen ergänzt: der meteorologischen Merkmale, der hydrologischen Charakteristika der Donau, über die Art und Weise der landwirtschaftlichen Tätigkeit, die Verteilung der Bevölkerung, deren Gesundheitszustand, Ernährungsgewohnheiten usw. [4.III.]. Das gemeinsame Ziel dieser Untersuchungen war es, dass man im Zuge der Inbetriebnahme des AKW die aus dem laufenden Betrieb resultierende Strahlenmehrbelastung der Bevölkerung – als wichtigste Aufgabe und wichtigstes Ziel der Umweltkontrolle – so weit wie möglich präzise feststellen kann [4.II.], [5], [6], [7], [9], [10].

Tabelle 4.2. fasst die Ergebnisse der im Umkreis des AKW Paks in den Jahren 1981 bis 1982 durchgeführten Untersuchungen zur Erfassung dieses Grundpegels [4.IV.] zusammen – in erster Linie bezüglich der künstlichen und der aus dem Atomkraftwerk emittierten Radionuklide. Die Proben aus Boden und Gras sowie die Dosismessungen erfolgte auf den damals bereits zum Teil ausgebauten Umweltkontrollstationen, die Grundwasserentnahme erfolgte in der Betriebsstätte selbst, während die anderen Proben (Milch, Fische, Donausedimente) aus einem dreißig Kilometer Umkreis des AKW stammten. Die Untersuchungsmethoden entsprachen größtenteils den in Zukunft anzuwendenden Umweltkontrollen des Kraftwerkes, ja ein Großteil dieser Kontrollen wurde sogar schon vom zukünftigen Laboratorium des Kraftwerkes ausgeführt. Die so gewonnenen Daten können damit von

den Ergebnissen der Proben, die einem größeren Gebiet, mehreren Punkte oder einem längeren Zeitraum entnommen sind, abweichen, dennoch können diese Daten für einen späteren Vergleich sehr zielführend eingesetzt werden.

Da seit der Festlegung des Grundpegels vor der Inbetriebnahme des Kraftwerkes inzwischen zwei Jahrzehnte vergangen sind, muss der Aktivitätsrückgang der Radionuklide gemäß Halbwertszeit auf jeden Fall in Betracht gezogen werden. Unter den bedeutendsten Radionukliden beträgt dieser heutige Wert bei ^3H – abgesehen vom eventuellen Nachschub und von anderen Eventualitäten – ein Viertel des Wertes von 1980, im Falle von ^{90}Sr und von (Vor-Tschernobyl) ^{137}Cs ungefähr sechzig Prozent.

Der natürliche Radionuklidgehalt entspricht – obwohl dies für den zukünftigen Betrieb nur von geringfügiger Bedeutung ist – jenem des Bodentypus, d.h. die entsprechenden Werte sind in den – im Umkreis des Kraftwerkes häufig anzutreffenden – Sandböden kleiner, in den Humusböden hingegen größer (charakteristische Daten für den Sandboden: U- und Th-Reihe 10-15 Bq/kg, ^{40}K 250-300 Bq/kg bezogen auf den Trockenstoff, während in den Humusschwarzerden diese Konzentrationen ungefähr ein- bis zweifach so hoch sind).

Dem vorher Festgestellten folgt auch die Dosisleistung im Bereich der Gammastrahlung: Über den Sandböden macht sie 60 ± 7 aus, bei allen Stationen beträgt die durchschnittliche Grunddosisleistung 67 ± 8 nGy/h, gemessen mit dem im Umweltkontrolllaboratorium des AKW Paks (KEL) angewandten thermolumineszenten Dosismessverfahren (wobei 30 nGy/h der kosmischen Strahlung zuzurechnen sind). Natürlich ist es angebracht, die im weiteren gemessenen Werte immer mit dem Grundpegel des entsprechenden Ortes zu vergleichen.

Im Zusammenhang mit der Messung der Dosis in der Umgebung muss angemerkt werden, dass die zeitgenössische Maßeinheit (nGy/h) nach dem Mess- und Eichgesetz in der Zwischenzeit von der Definition einer "natürlichen Umgebungsstrahlung" und einer anderen Maßeinheit (nSV/h) abgelöst worden ist, was in numerischen Werten unter den gleichen Bedingungen einen zahlenmäßigen Anstieg des Wertes um zehn Prozent bedeutet.

Vom – globalen – Ausfall 1963 ist bis heute ^{90}Sr und ^{137}Cs in den Boden-, Pflanzen und Wasserproben erhalten geblieben, in einer gebietsmäßig sehr unterschiedlichen Verteilung. Die ^3H -Aktivitätskonzentration der Donau bzw. die ^3H -, ^{14}C - und ^{85}Kr -Aktivitätskonzentration der Luft können an den unterschiedlichsten Punkten im ganzen Land praktisch als fast gleich hoch betrachtet werden.

Sowohl bezüglich des Grund- als auch des Referenzpegels muss im Zusammenhang mit Vergleichen darauf aufmerksam gemacht werden, dass bei der Bewertung der aktuellen Probemessung, bei der Entscheidung über die Herkunft des betroffenen Radionuklids nicht nur der unmittelbare Vergleich der beiden Daten eine Rolle spielt. Bezüglich einer in Betrieb befindlichen nuklearen Einrichtung – des AKW Paks – sind auch die Emissionsdaten, die meteorologischen bzw. hydrologischen Merkmale, die Verbreitungsberechnungen und -analysen, die Zusammensetzung der Radionuklide, die Beachtung weiterer Messdaten, Kenntnisse bezüglich des Eintreffens von Störfällen usw. von eminenter Wichtigkeit. Im Falle des Verdachtes anderer emittierender Quellen bietet der Vergleich mit Daten anderer Einrichtungen und Laboratorien bzw. der landesinterne und der internationale Informationstausch weitere wichtige Anhaltspunkte.

Tabelle 4.2.: Charakteristische Radioaktivitätskonzentrationswerte in der Umwelt, in der Milch, im Fischfleisch im Bereich des AKW Paks in den Jahren 1980 bis 1982 – Grunddaten (Durchschnittswerte und typische Extremwerte in Klammern angeführt)

Umweltkomponenten (Ort)	Maßeinheit	Aktivitätskonzentration						
		³ H (HTO)	¹⁴ C (Kohlenhydrogen)	⁹⁰ Sr		¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs 1986	⁴⁰ K
Luftproben (Aerosol, andere) (A1-A7)	Bq/m ³	—	—	—	— (<10) •10 ⁻⁶	— (<10) •10 ⁻⁶	— (10 ⁻⁵ –1,2)	—
Ausfall (A1-A7)	Bq/m ² *Monat	.	.	.	—	—	— (1–2100)	.
Boden (0-5 cm) (A1-A7)	Bq/kg (Trockenstoff)	.	.	1,5 (0,1–7)	<1 (<1)	4,0 (1,0–14)	21 (13–31)	340 (240–670)
Gras (A1-A8)	Bq/kg (Trockenstoff)	.	.	4,3 (0,1–18)	<1 (<1)	<2,7 (1–5)	130 (17–530)	620 (120–2110)
Donauwasser (V1)	Bq/l	7,2 (5–10)	—	4,0 (1,2–6) •10 ⁻³	—	3,0 (0,6–5,6) •10 ⁻³	— (10 ⁻³ –0,5)	0,9 (0,02–0,17)
Donausedimente	Bq/kg (Trockenstoff)	.	.	1,3 (0,3–4)	—	5,7 (0,6–12)	390 (13–1320)	420 (300–700)
Grundwasser (im Bereich des Kraftwerkes)	Bq/l	7,6 (5–16)	—	5 (<0,7–10) •10 ⁻³	—	2,2 (<0,7–4,1) •10 ⁻³	<0,002 (<0,002)	0,26 (0,08–0,48)
Milch	Bq/l	.	.	.	—	—	— (0,1–25)	—
Fisch	Bq/kg	.	.	.	—	<1 (<1)	—	—
Dosisleistung	nGY/h	—	—	—	— (<10) •10 ⁻⁶	— (<10) •10 ⁻⁶	— (10 ⁻⁵ –1,2)	—

"_": Studien dieser Art nicht ausgeführt (nicht bewertet)

(...)

4.3.2. Klimatische Verhältnisse, meteorologische Charakteristika

Bei der Analyse der Luftqualität einer Region reicht es nicht aus, über die Emissionen genauestens Bescheid zu wissen, es müssen auch die Möglichkeiten des Transports und der Ausbreitung des Verschmutzungsmaterials bekannt sein. Die Ausbreitung wird von mehreren Faktoren gemeinsam beeinflusst, von denen im besonderen die meteorologischen Gegebenheiten, die topographischen und baulichen Gegebenheiten sowie die Flora des gegebenen Gebietes hervorgekehrt gehören.

Bei der Charakterisierung der klimatischen Zustände sind wir bestrebt sowohl die regionalen als auch die lokalen Merkmale aufzubereiten. Die Ergebnisse der regionalen Messpunkte des Meteorologischen Landesdienstes – OMSZ – wurden in diese Studie ebenso eingearbeitet wie die uns zur Zeit zur Verfügung stehenden Informationen der im Rahmen des Programms zur Charakterisierung der Betriebsstätte aufgestellten neuen Messpunkte, die in erster Linie die lokalen Verhältnisse aufzeigen sollen [8].

Bereits in den Jahren vor der Inbetriebnahme des AKW wurden im Bereich des Kraftwerkes Messstellen zur Messung der meteorologischen Parameter aufgestellt, vorerst nur provisorisch, dann ständig. Diese Messungen hatten zweierlei Ziele: einerseits Informationen zu bieten für die Berechnung der möglichen Ausbreitung des verschmutzenden Materials, andererseits die Auswirkungen des Kraftwerkes auf das Mikroklima zu verfolgen (Unter den meteorologischen Charakteristika legen die Wind- und Niederschlagsbedingungen die Ausbreitung in Umwelt und Atmosphäre fest, Temperatur und Feuchtigkeit sind wiederum zur Bestimmung und Bewertung der Wärmebelastung notwendig.)

4.3.2.1. Regionale klimatische Verhältnisse

Das Gebiet Ungarns gehört zum Bereich des leicht feuchten Kontinentalklimas, das man trotz der relativen kleinen Flächenausmaße klimatisch dennoch in vier Hauptzonen einteilen kann. Grundlage für diese Gliederung ist seitens der beeinflussenden Faktoren die Topographie, die Sonnenbestrahlung, die Luftzirkulation und die geographische Breite bzw. deren aller Ergebnisse, deren charakteristisches Elementkomplexität. Die vier Hauptzonen im genauen:

- Große Ungarische Tiefebene
- Kleine Ungarische Tiefebene
- Transdanubien
- Nördliches Gebirgsland

Das untersuchte Gebiet des Kraftwerks Paks gehört in die Zone Große Ungarische Tiefebene-Mezőföld, dessen Hauptcharakteristika sich wie folgt darstellen: Erste Hauptzone ist die **Große Ungarische Tiefebene** und das mit ihr zusammenhängende **Mezőföld**. Hauptcharakteristikum dieser Zone ist deren Kontinentalität, hier wurden die höchsten Jahres- und Tageserwärmungen festgestellt, und hier zeigt sich auch sowohl im Durchschnitt als auch in der Mehrzahl der Fälle die stärkste Abkühlung. Deshalb ergeben sich hier sowohl im Tages- als auch im Jahresbezug auch die Maximalwerte bezüglich von Temperaturschwankungen, aber auch bei allen anderen Indizes, die die Kontinentalität meteorologisch prägen.

Das Klima entspricht dem typischen Mikroklima eines Flachlandes, ist sehr einförmig, zeigt auch zonal kaum Veränderungen, die klimatischen Verhältnisse am Rand gehen langsam, schrittweise ineinander über. Die erste Hauptzone erhält sowohl zeit- als auch energiemäßig die meiste Einstrahlung, aber hier ist wiederum sowohl im Laufe eines Tages als auch eines Jahres der Energieverlust des Bodens durch Abstrahlung auch am höchsten. Frost im späten Frühjahr oder im frühen Herbst ist hier recht häufig. Die Hauptluftströmung ist Nord. Die Niederschlagsverhältnisse sind über deren Unsicherheit hinausgehend auch nicht recht bescheiden.

4.3.2.2. Lokale Charakteristika

Das Klima von Paks und der unmittelbaren Umgebung der Stadt ist warm, trocken, den Bedingungen eines Flachlandes entsprechend, die häufigste Windrichtung ist Nordwest.

Die klimatischen Bedingungen des engeren Gebietes wurde von meteorologischen Stationen aufgezeichnet, die auf der Betriebsstätte installiert sind. Die ersten Daten wurden noch von einer provisorischen Messstelle aufgenommen, die die OMSZ – der Landesdienst für Meteorologie – sechs Jahre lang, zwischen 1967 und 1972 in der Ortschaft Csampapuszta betrieb. Die Auswertungen erfolgten internationalen Maßstäben entsprechend mit Geräten, die dem internationale Standard entsprachen, dreimal täglich um 7, 13 und 19 Uhr. Einige meteorologischen Parameter (z. B. Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und im Sommerhalbjahr die Niederschlagsmenge) wurden laufend registriert. Die Hauptstation Paks des Landesdienstes für Meteorologie – OMSZ – wurde 1979 eingerichtet, den Meteorologischen Weltnormen entsprechend. Die Beobachtungen geschahen im Normalfall jede Stunde und erstreckten sich auf folgende Parameter:

- Windgeschwindigkeit, Windrichtung
- Lufttemperatur
- Bodentemperatur zwischen zwei bis zweihundert cm
- Luftfeuchtigkeit

- Luftdruck
- Niederschlag
- Sonnenscheindauer
- Menge und Höhe der Wolken
- Sichtentfernung
- Dicke der Schneedecke
- Andere meteorologische Erscheinungen
- Zeitdauer der Erscheinungen

Wenn es bei irgendeinem wichtigen meteorologischen Parameter plötzlich zu einer größeren Veränderung kommt oder im Fall einer Betriebsstörung des Kraftwerkes, erfolgen die Datenaufnahmen entsprechend der Situation öfter. Im Betreibebereich des AKW Paks ist auch ein 120 Meter Hoher meteorologischer Turm in Betrieb. Die meteorologischen Parameter werden auf den drei Etagen des Turms (20, 50 und 120 Meter), die bodennahen Daten in der meteorologischen Messstation gemessen.

Aus den Daten dieser Geräte können folgenden sekundären Mengen berechnet werden:

- Gradient und Profil der Lufttemperatur
- Gradient und Profil der Windgeschwindigkeit
- Fluktuation der Windgeschwindigkeit
- Fluktuation der Windrichtung
- Fluktuation der vertikalen Windgeschwindigkeit

Die Betriebsstätte des AKW Paks wird damit von einem warmen, trockenen, kontinentalen, für Ebenen charakteristischen Klima charakterisiert, womit die hohen Schwankungen im Bereich der Lufttemperatur und des Niederschlags und die häufigen Veränderungen der klimatischen Elemente nicht überraschend kommen.

Die Betriebsstätte ist **eine der trockensten Regionen des Landes**, die im Niederschlagsschatten des Bakony- und des nördlichen Mittelgebirges liegt. **Im landesweiten Durchschnitt liegt es an der Grenze zu jenem Gebiet, das die meiste Sonneneinstrahlung erhält**, aber dementsprechend hoch ist auch der **Verlust durch die Abstrahlung**. Es ist durch starke Erwärmung untertags und starke Abkühlung in der Nacht gekennzeichnet, Die **Hauptwindrichtung auf der Betriebsstätte ist Nordwest**.

Die charakteristischsten – und die für die geplante Tätigkeit wichtigsten – meteorologischen Datenreihen bezüglich des Mesoklimas werden in Punkt 2.1. der Beilage angeführt.

Windgeschwindigkeit, Windrichtungen

Gemäß den Messdaten der meteorologischen Station Paks kann festgestellt werden, dass die geringeren Windgeschwindigkeiten (0-3,3 m/sec), die zu einer schlechteren Verdünnung führen, am häufigsten auftreten und in der Regel in eine Richtung auftreten, die parallel zur Donau verläuft (S, SO, N, NW). Bei höheren Windgeschwindigkeiten sind N-, NW-Winde die häufigsten.

Bezüglich von Paks werden die Daten zu Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Pasquillschen Stabilitätskategorien zwischen 1997 und 2003 in Beilage 2.2. angeführt.

Zur Bewertung der starken maximalen Windstöße wurden neben den Daten der meteorologischen Hauptstation Paks auch jene weiterer vier Referenzstationen aufgearbeitet. Demgemäss sind die statistisch prognostizierbaren, alle 10.000 Jahre wiederkehrenden Werte wie folgt, die auf die Messdaten des Kraftwerkes bezogen festgestellt wurden:

Windstöße max. m/s	Paks	Baja	Kecskemét	Szeged	Szarvas
Zu erwartende Werte ± SD	50,4±7,4	39,5±3,3	46,1±5,6	50,6±3,5	77,1±10,5

Zur Untersuchung der Datenreihe von Szarvas ist es gekommen, weil in diesem Ort der größte jemals in Ungarn aufgetretene Windstoß gemessen worden ist: am 3. August 1988 mit 44,4 m/s. Die Windgeschwindigkeit des

auf der meteorologischen Station in Paks je gemessenen stärksten Windstoß in Höhe des Windmessgerätes betrug 31,6 m/s.

Stabilitätsverhältnisse

Der wichtigste Parameter für die Stabilität der Atmosphäre ist die vertikale Veränderung der Lufttemperatur. Die vertikale Schichtung wird vom Verhältnis der Insolation (Sonnenbestrahlung) und der Erdatstrahlung sowie der Windgeschwindigkeit bestimmt. Einer normalen Schichtung der Atmosphäre entspricht jener Zustand, wenn die Lufttemperatur alle einhundert Meter nach oben um 0,65 Grad C fällt und der Gradient der adiabatischen Temperatur dem neutralen Gleichgewicht der Luftteilchen entspricht (-1,0 Grad C/100 Meter). Im Falle labiler Verhältnisse ist das Ausmaß des Temperaturabfalls höher (z. B. bei stärkerem Sonnenschein oder geringen Windgeschwindigkeiten.) Bei stabiler Schichtung ist der Abfall geringer und der Temperaturgradient weist in eine andere Richtung (Inversion).

Die Verdünnung der Luftverschmutzung geht bei labilen Verhältnissen schneller voran, bei stabiler Schichtung langsamer. Die atmosphärischen Zustände werden vom Gesichtspunkt der Stabilität in Kategorien eingeteilt. Für die Umweltschutzberechnungen bei Atomkraftwerken hat sich in der internationalen Praxis die Kategorisierung nach Pasquill verbreitet, und diese wird auch von der IAEA empfohlen. (In der ungarischen Praxis geschieht die Bemessung der atmosphärischen Schichtung nach einer anderen Kategorie.)

Windgeschwindigkeit, Windrichtung und die Wahrscheinlichkeit atmosphärischer Schichtungstypen

Zur Berechnung der Verbreitung radioaktiven Materials in der Atmosphäre ist die Angabe der gemeinsamen Häufigkeit der drei oben genannten Faktoren notwendig. In Ermangelung direkter Messungen ist diese Aufgabe nur vereinfachend zu lösen – ausgehend von der Erfahrung, dass bei höheren Windgeschwindigkeiten das Vorkommen neutraler Schichtungstypen wahrscheinlicher ist, während stabile oder instabile Schichtungen eher bei geringeren Windgeschwindigkeiten anzunehmen sind.

(...)

4.3.4.1. Geologische Gegebenheiten

Geologische Charakterisierung der Betriebsstätte

Die Tiefe des Grundgebirges im Raum des Kraftwerkes beträgt laut Bohrung Paks Nr. 2 und den geophysischen Untersuchungen im Bezug auf die Oberfläche insgesamt 1.600 bis 1.700 Meter. Der Kreis der Informationen zur Gesteinsentwicklung ist nicht vollständig, dem heutigen Wissen zufolge bilden metamorphe, zu Granit gewordene Formationen, die aus der Mecsekgegend bereits bekannt sind, sowie der aus der Gegend Göröcsöny bekannte Muskovit-Biotit-Gneiss die Basis des Tiefbeckens. Daten bezüglich einer zweifachen Ausbildung sind bezüglich des betroffenen Gebietes nicht aufgetaucht.

Die das Becken ausfüllenden Sedimente sind wohlbekannt. Auf dem Grundgebirge ruht eine Miozän-Formationsreihe beträchtlicher, fast tausend Meter Dicke, von der ein Teil Meeres-, ein anderer Festlandsursprungs ist. Zu den Hauptgesteinsarten gehören Rhyolith, Rhyolithschwemmstein, Andesith, Lehmmargel, Sandstein, Kalkstein. Die Formationen sind unterschiedlich tektonisiert, in einigen Fällen Neigungsdaten von bis zu dreißig Grad zu beobachten, mancherorts ist die Miozän-Formationsreihe lückenhaft, und berührt entlang der Strukturlinie ihre Abdeckung.

Tabelle 4.17.: Bei der Klassifizierung benutzte Grenzwerte (MSZ 12749:1993)

Merkmale für Wasserqualität	Maßeinheit	Grenzwert der bei der Klassifizierung				
		Ausgezeichnet I	Gut II	Befriedigend III	Verschmutzt IV.	Stark verschmutzt V
Sauerstoffhaushalt						
Gelöster Sauerstoff	mg/l	7,0	6,0	4,0	3,0 <	3,0
Sauerstoffgesättigtheit	%		70-80	50-70	20-50	<20
BOI ₅	mg/l	4,0	6,0	10,0	15,0 >	15,0
KOI _{ps}	mg/l	5,0	8,0	15,0	20,0 >	20,0
KOI _k	mg/l	12,0	22,0	40,0	60,0 >	60,0
INdex	-	1,80	2,30	2,80	3,30 >	3,30
Nährstoffhaushalt						
Ammonium-N	mg/l	0,20	0,50	1,00	2,00 >	2,00
Nitrit-N	mg/l	0,01	0,03	0,10	0,30 >	0,30
Nitrat-N	mg/l 1,0	5,0	10,0	25,0	>25,0	
Ortrophosphat-P	µg/l	50	100	200	500 >	500
Alle Phospore	µg/l	100	200	400	1000 >	1000
Chlorophyll-a	µg/l	10,0	25,0	75,0	250,0 >	250,0
Mikrobiologie						
Koliformzahl	i/ml 1	10	100	1000	>1000	
Organische und anorganische Mikroverschmutzer						
Rohöl und Produkte	µg/l	20	50	100	250 >	250
Phenole	µg/l	2	5 10		20 >20	
Anionaktive Detergentien	µg/l	100	200	300	500 >	500
Aluminium (gelöst)	µg/l	20	50	200	500 >	500
Zink (gelöst)	µg/l	50	75	100	300 >	300
Quecksilber (gelöst)	µg/l	0,10	0,20	0,50	1,00 >	1,00
Kadmium (gelöst)	µg/l	0,50	1,00	2,00	5,00 >	5,00
Chrom (gelöst)	µg/l	10,0	20,0	50,0	100,0 >	100,0
Nickel (gelöst)	µg/l	15,0	30,0	50,0	200,0 >	200,0
Blei (gelöst)	µg/l	5,0	20,0	50,0	100,0 >	100,0
Zinn (gelöst)	µg/l	5,0	10,0	50,0	100,0 >	100,0
Radioaktive Stoffe						
Gesamtaktivität	Bq/l	0,17	0,35	0,55	1,10 >	1,10
Andere Merkmale						
pH	-	6,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0	9,0-9,5	>9,5
Spezifische Leitung	µS/cm	500	700	1000	2000 >	2000
Eisen (gelöst)	mg/l	0,10	0,20	0,50	1,00 >	1,00
Mangan (gelöst)	mg/l	0,05	0,10	0,10	0,50 >	0,50

Tabelle 4.18: Vergleich von Werten mit 90prozentiger Haltbarkeit nach Zeitperioden (1976-192, 1983-1990, 1991-2000)

Merkmale für Wasserqualität	Maßeinheit	Dunaföldvár (linkes Ufer)			Dunaföldvár Mittel)			Dunaföldvár (rechtes Ufer)			Ajsz			Baja		Mohács			Hercegszántó			
		79-82	83-90	91-00	79-82	83-90	91-00	79-82	83-90	91-00	79-82	83-90	91-00	79-82	83-90	91-00	79-82	83-90	91-00	79-82		
Komponenten mit Grenzwerten																						
Sauerstoffhaushalt																						
Geloster Sauerstoff	mg/l	7,8	8,5	9,1	8,0	8,7	9,0	8,2	8,6	9,0	8,0	8,6	9,2	8,1	8,4	8,9	7,9	8,4	8,9	7,9	8,2	8,8
Sauerstoffgesättigkeit	%	72	75	87	72	77	87	75	75	85	73	77	87	74	78	86	74	76	85	74	77	85
BO ₅	mg/l	7,5	6,6	5,7	7,2	6,3	5,7	7,0	6,4	6,0	7,2	6,2	6,1	7,1	6,6	5,9	6,5	5,9	5,7	6,4	5,8	5,7
KO _{5s}	mg/l	9,5	8,5	6,5	9,4	8,4	6,5	8,6	8,3	6,5	9,6	8,2	6,4	8,9	7,9	6,1	9,3	8,2	6,1	9,3	8,0	5,7
KO _k	mg/l	29,0	27,6	25,3	27,7	27,7	25,5	29,3	28,7	25,2	29,6	27,7	23,9	27,7	27,1	24,6	28,4	27,8	23,8	27,9	28,4	23,3
Index	-	2,88	2,76	2,62	2,88	2,69	2,58	2,91	2,76	2,60	2,84	2,67	2,58	2,83	2,67	2,55	2,79	2,67	2,54	2,77	2,63	2,55
Nährstoffhaushalt																						
Ammonium-N	mg/l	0,85	0,77	0,32	0,80	0,76	0,32	0,78	0,71	0,33	0,82	0,71	1,31	0,9	0,87	0,35	0,92	0,90	0,31	0,86	0,76	0,31
Nitrit-N	mg/l	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
Nitrat-N	mg/l 1,0	2,68	3,12	3,20	2,82	3,20	3,16	2,76	3,12	3,22	2,65	3,14	3,28	2,87	3,10	3,15	2,65	3,10	3,16	2,84	3,11	3,15
Orthophosphat-P	µg/l	232	201	97	228	97	197	245	209	91	244	205	96	238	210	104	245	218	93	244	198	96
Alle Phospore	µg/l		245	219		219	255		245	189		292	200	390	334	209		342	200		426	210
Chlorophyll-a	µg/l			90,7		90,7	125,3			87,4		124,6	124		129,3	116,8		125,9	117,3		126,6	115,2
Mikrobiologie																						
Koliformzahl	i/ml l			484			397			291						178						281
Organische und anorganische Mikroverschmutzer																						
Rohöl und Produkte	µg/l	545	497	228	528	505	253	595	626	268	493	555	198	490	540	242	433	574	198	432	541	206
Phenole	µg/l	8	6	5	8	6	6	8	7	5	7	6	5	8	6	5	7	5	4	7	6	5
Anionaktive Detergentien	µg/l	178	141	58	167	168	56	209	161	55	195	163	50	160	155	49	155	149	58	153	140	51
Aluminium (gelöst)	µg/l			68,7			68			70,5			75,7			76,6			76,5			63,9
Zink (gelöst)	µg/l			28			21			30			29			25			26			25
Quecksilber (gelöst)	µg/l			0,25			1,25			0,22			0,28			0,28			0,26			0,20
Kadmium (gelöst)	µg/l			0,52			0,57			0,34			0,37			0,36			0,67			0,19
Chrom (gelöst)	µg/l			1,5			1,2			1,2			1,3			1,5			1,7			1,3
Nickel (gelöst)	µg/l			3,8			2,6			2,5			4,2			4,0			4,4			4,0
Blei (gelöst)	µg/l			1,8			1,8			2,1			2,5			1,9			1,6			2,1
Zinn (gelöst)	µg/l			6,0			7,8			8,4			6,9			6,9			6,8			6,7
Radioaktive Stoffe																						
Gesamt	Bq/l			0,18			0,18			0,18						0,18			0,16	0,18		

		Andere Stoffe																				
pH	-	8,4	8,6	8,7	8,3	8,6	8,6	8,4	8,6	8,6	8,4	8,6	8,6	8,3	8,5	8,5	8,4	8,5	8,5	8,4	8,6	8,5
Spezifische Leitung	µS/cm	450	480	450	446	481	454	443	477	458	450	489	453	461	499	467	471	490	460	467	492	464
Eisen gelöst	mg/l	0,30	0,23	0,13	0,38	0,24	0,13	0,32	0,25	0,12	0,29	0,24	0,10	0,29	0,24	0,10	0,37	0,27	0,11	0,35	0,25	0,10
Mangan gelöst	mg/l	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,09	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02
		II. Komponenten ohne Grenzwerte																				
		Nährstoffe im Haushalt																				
Mineralnitrogen	mg/l	3,64	3,80	3,52	3,69	3,76	3,47	3,50	3,79	3,50	3,48	3,81	3,57	3,77	3,81	3,46	3,63	3,85	3,52	3,59	3,80	3,47
		Andere Merkmale																				
Lufttemperatur	°C	21,5	20,5	22,2	21,4	20,4	22,2	21,5	20,3	22,2	25,9	24,7	26,1	24,4	23,5	24,8	24,1	25,0	23,7	26,5	25,9	24,9
Wassertemperatur	°C	19,1	19,5	20,4	19,0	19,4	20,5	19,3	19,5	20,5	19,9	20,1	21,4	19,9	20,3	21,5	20,0	20,2	21,5	20,5	20,4	21,4
Wasserertrag	m ³ /s	3375	3094	3540	3375	3094	3540	3375	3094	3540	3420	3301	3675	3690	3275	3763	3663	3184	3740	3653	3178	3809
Durchsichtigkeit (Schriftprobe)	mm	352	375	494	380	362	494	360	391	494	372	366	494	383	359	494	382	367	494	381	367	495
Lauge	Mval/l	3,6	3,7	3,5	3,6	3,7	3,5	3,5	3,7	3,6	3,5	3,7	3,6	3,7	3,8	3,7	3,7	3,8	3,6	3,6	3,8	3,6
Kalzium	mg/l	66,9	67,8	65,2	66,8	67,6	64,9	66,9	67,5	64,9	66,3	67,9	64,9	67,4	67,9	65,8	67,2	68,0	65,3	68,0	67,8	65,3
Magnesium	mg/l	16,3	17,4	16,4	16,5	17,6	16,8	16,8	18,4	17,1	16,8	17,5	16,6	18,0	18,5	17,5	17,8	18,5	17,2	17,4	18,4	17,4
Natrium	mg/l	18,3	23,7	16,9	18,4	23,7	17,2	19,2	23,9	17,9	18,5	23,6	16,8	19,2	25,2	19,2	18,7	24,8	17,9	18,9	24,4	17,4
Kalium	mg/l	4,5	4,3	3,5	4,4	4,3	3,5	4,5	4,3	3,8	4,5	4,2	3,5	4,8	4,3	3,6	4,7	4,3	3,6	4,7	4,3	3,5
Natriumprozent	%	15	18	15	15	18	14	15	18	15	15	18	14	16	19	16	15	19	15	15	18	14
Magnesiumprozent	%	30	32	34	31	32	34	31	33	34	30	32	34	32	33	34	32	33	33	31	32	34
Gesamtchem. (CaO)	mg/l	132	134	128	132	134	129	132	134	130	132	134	128	136	136	131	135	137	130	136	136	129
Karbonatchem (CaO)	mg/l	100	103	99	100	103	99	99	103	100	99	103	99	103	106	103	103	105	101	102	105	101
Chlorid	mg/l	28,0	30,5	27,0	28,5	30,2	27,2	28,0	30,6	27,8	28,2	30,5	26,4	28,8	31,3	27,8	28,4	31,1	27,1	28,6	30,7	26,6
Sulfat	mg/l	62,7	68,0	51,7	62,5	69,3	53,4	63,9	69,1	52,7	63,6	68,1	52,2	66,3	70,9	52,0	63,9	71,1	53,6	63,2	69,5	53,9
Hydrokarbonat	mg/l	217	224	215	217	224	214	216	225	217	217	224	216	223	230	222	224	227	219	222	226	219
Alle schwebenden Stoffe	mg/l	60	58	51	57	53	48	49	50	50	48	49	48	49	47	47	48	44	42	43	44	44

Tabelle 4.19: Klassifizierung der Wasserqualität nach Zeitperioden (1979-1982, 1983-1990, 1991-2000)

Siehe Seite 37 des Originals

Der untere Teil der pannonischen Formationen (ca. 12 Millionen Jahre) ist in diesem Bereich relativ einheitlich. Ihre Schichteinheiten bestehend aus gesteinsmehligem Lehmargel, lehmargeligem Gesteinsmehl folgen zum Teil auf Schichtmängeln aus Auswaschungen unter Wasser, zum Teil tektonisch auf die älteren (größtenteils Badener) Formationen. Die Sedimentierungen der oberen Schichten der pannonischen Formationen entwickelten sich überall laufend aus den liegenden Formationen, in den meisten Fällen wird der sprunghafte Anstieg der Sandschichtmengen von den veränderten Faziesverhältnissen signalisiert. Die oberpannonische Schichtreihe ist auf dem ganzen Gebiet durchschnittlich ausgebildet, besteht aus abwechselnd Sand-, Lehmargel und Margelgesteinsmehl in verschiedener Dicke, der obere Teil ist in allen Fällen stumpf, die Formationen aus dem Quartär liegen mit Erosionsdiskordanzen auf diesen. Die Dicke der oberpannonischen Formationen beträgt in diesem Bereich ca. fünfhundert Meter. Ihre Ablagerung ist von ruhigen, fast waagrechten Neigungsdaten gekennzeichnet, doch können bei einigen Bohrungen die Spuren beträchtlicher struktureller Spannungen in den Formationen beobachtet werden. Das Alter der oberpannonischen Formationen beträgt ca. fünf bis sechs Millionen Jahre.

Die gesamte Umgebung des Kraftwerkes wird von Ablagerungen aus dem Quartär, Pleistozän und dem Holozän bedeckt. Diese Formationen sind zum Teil Flussanschwellungen, zum Teil äolische zum Teil Haldenablagerungen oder deren Kombination. Das Kraftwerk selbst ist auf dem Überschwemmungsareal der Donau erbaut, worunter und in dessen Umgebung auf den pannonischen Formationen eine ca. dreißig Meter Flusssedimentschicht lagert, überwiegend aus Schotter und Sand aufgebaut; von Ort zu Ort sind in kleinsten Mengen auch ältere lössartige Sedimente aus dem Pleistozän anzutreffen. Nach der C14-Altersbestimmungsmethode ist das Alter dieser dreißig Meter dicken Schicht nicht mehr als 45.000 Jahre. Die Formationen aus dem Pleistozän sind ruhig gelagert, Spuren bezüglich struktureller Auswirkungen können nur in beträchtlicher Entfernung zum Kraftwerk bei Formationen aus dem Quartär beobachtet werden. Eine detaillierte Charakterisierung der geologischen und hydrogeologischen Formationen finden sich in Beilage 3.

Geomorphologie, Oberflächengestaltung

In dem breiten Inundationsgebiet außerhalb der Dämme wurde die von Zeit zu Zeit auftretende Aktivität des Hauptarmes eingestellt, womit in Richtung Oberflächenentwicklung in erster Linie die anthropogene Tätigkeit, die Bodenbildung und zu einem geringfügigeren Teil die Prozesse einer organogenen Sukzession wirken. Im Bereich Paks fließt die Donau mäandierend, sich eingrabend. Nördlich von Paks behindert die Schotterschicht am Flussboden, dass sich der Fluss eingräbt und die Entwicklung freier Beugen, südlich von Paks gibt es solche Hindernisse nicht mehr, die Schotterschicht ist zehn bis fünfzehn Meter unter das heurige Bett abgesunken, womit sich Mäander und Biegungen der Donau frei entwickeln konnten.

Im untersuchten Raum kam es in der gegenwärtigen Zeit auf den aus den früheren Flussablagerungen aus Sand aufgebauten Ebenen auf klimatische und anthropogene Einwirkungen hin in mehreren Phasen zu erhöhter Deflationstätigkeit, zur Bewegung des Flugsands, als dessen Ergebnis sich eine ganz eigentümliche Formationseinheit entwickelt hat, die für Gebiete mit halb gebundenem Flugsand charakteristisch ist.

In der Umgebung der Betriebsstätte sind in erster Linie ehemalige Überschwemmungsgebietformationen aus dem Holozän bzw. dem Neo-Holozän charakteristisch sowie Geröllkegel und Terrassenoberflächen, die größtenteils mit Flugsand bedeckt sind.

In der Linie Ziegelfabrik Paks und Weinberg Tengelic verlaufen schließlich die zum südlichen Mezöföld gehörenden Lössplateaus und Talrücken, die mit Löss oder sandigem Löss bedeckt sind.

Rezente Massenbewegungen sind für die vertikalen Lössbruchfronten, die sich entlang der Donau an den Lössplateaus in der Ebene entlang der Donau befinden, charakteristisch. An ihrem Verschwinden sind natürliche Faktoren ebenso beteiligt wie anthropogene Wirkungen. Andere von Erdbeben gefährdete Abhänge wurden in den Randgebieten, die höher gelegenen Bereich abgerechnet nicht kartographiert. Aktive Abhänge sind im Umkreis von fünf Kilometer nicht zu finden.

Die Betriebsstätte und deren unmittelbare Umgebung war bis zum Ende des Pleistozäns (vor ca. 80 bis 100.000 Jahren) organischer Bestandteil des Lössgebiets um Paks-Dunaszentgyörgy-Tengelic. Zu diese Zeit wurden die aus dem Mezöföld in Richtung Tiefebene verlaufenden Täler von NW nach SO gebildet. Der Querschnitt der Oberflächen dieser ausgetrockneten oberpannonischen Sedimente eingeschnittenen Erosionskanäle, die in Richtung der Erosionsbais – des sog. Levantesees – verliefen, ist aufgrund der Bohrungen im Öreghegy bei Duna-

földvár, dem Sánd-hegy bei Dunakömlöd oder auch aufgrund der Bohrungen unterhalb des Kraftwerkes rekonstruierbar. Zum Teil sind sie mit umgeschichteten Geländereihen zum Teil mit Geländereihen aus Rotton ausgefüllt.

Aufgrund der Daten aus den Bohrungen beträgt die Breite der Erosionstäler fünfzig bis siebenzig Meter, ihre Tiefe drei bis zehn Meter. Solche Vertiefungen, Täler mit einigen Grad kommen an zahlreichen Stellen vor, und in einigen Fällen, so zum Beispiel im Raum Dunaföldvár, Dunaujváros oder Dunakömlöd war mit Bohrungen belegbar, dass sich diese im Bereich des Rückens zwischen Donau und Theiss fortsetzen und in Richtung Osten auch auf der leicht abschüssigen Pannonischen-Pliozän-Oberfläche verfolgbar sind.

Grundsätzliche tektonische und seismologische Charakterisierung

Die Tektonik der Region ist komplex, die von der Subduktion der afrikanischen Platte unter die dinarische Gebirge bzw. von ihrem Zusammenprall mit der eurasischen Platte in der Alpenregion charakterisiert wird. Als Ergebnis dieser Prozesse ist das Pannonische Becken entstanden, das mit der unter das Becken sinkenden eurasischen Platte ein sich verdünnendes Extensionsgebiet entlang der Karpaten ist. Vor ca. sechzig Millionen Jahren weitete sich das Becken in Richtung Osten aus und erreichte vor ca. zwölf Millionen Jahren seine heutige Ausdehnung. Bis heute ist die Subduktionszone im Raum Vrancea aktiv.

Die Spannungsrichtungen im pannonischen Becken sind verhältnismäßig konsistent und stimmen mit den platentektonischen Richtungen überein. Der Großteil der in Ungarn bekannten Nestmechanismen ist strike-slip-artig. Im pannonischen Becken wird das Grundgestein von Sedimenten aus dem Neogen abgedeckt (jünger als 23 Millionen Jahre), die eine Dicke von sechs Kilometer erreichen. Diese Schichten aus dem Neogen bestehen aus beträchtlich brüchigen und verfalteten alt- und mittel-miozänen (23-12 Millionen Jahren) Sedimenten und Füllungen vulkanischen Ursprungs und aus dem diese abdeckenden, jünger als 12 Millionen Jahre alten pannonischen Ablagerungen. In der pannonischen Ablagerung befinden sich ähnlich jenen in den Schichten darunter strike-slip-Verwerfungen in Richtung WSW-ONO. Eine mögliche tektonische Karte aus dem Neogen findet sich unter Abbildung 4.5.

Im pannonischen Becken gibt es auch zur Zeit eine Ansammlung von tektonischer Spannung, die sich entlang mehr oder weniger bekannter, struktureller Linien von Zeit zu Zeit lösen. Die Magnitude der so entstehenden Erdbeben hängt dabei davon ab, wie leicht sich die einzelnen Strukturelemente auf Wirkung dieser Spannung zueinander bewegen können. Aus den Lineamenten und den vielen kleinen, verstreuten Erdbeben lässt sich folgern, dass sich wegen der Brüchigkeit des Beckenbodens wohl kaum eine große Anspannung ansammeln kann. Damit sind Beben, die eine Stärke von 5.5 überschreiten, eine Seltenheit und die bis jetzt festgestellte Obergrenze der Magnitude beträgt 6.0.

Die Seismizität Ungarns ist alles in allem nur gering, dennoch kann es immer wieder zu starken Beben (mit epizentralen Intensitätswerten von 8^o gemäß MSK) kommen. Die Verteilung der Gebiete mit seismischer Aktivität ist nicht ganz homogen, es gibt Gebiete die weit aktiver sind (zum Beispiel bei Komárom, Graben bei Mór, Kapos-Linie, Eger, Jászszág, nördlicher Teil des Komitats Zala). Als seismologisch ruhig kann aber der südliche Teil des Komitats Somogy, Mezőföld und der östlich der Theiß liegende Teil des Tieflandes bezeichnet werden, abgesehen von der Gegend um Békés. Die Seismizität zeigt im pannonischen Becken einen diffusen Charakter (Gracsov, 1986), oder anders formuliert: Die bekannte Seismizität kann nur äußerst schwer mit der bekannten Tektonik in Relation gebracht werden.

In seiner Gesamtheit ist die Erdbebengefährdung Ungarns moderat, wesentlich größer als die der britischen Inseln, aber geringer als die der umliegenden Länder, und ist damit mit der Gefährdung der Ostküste der USA vergleichbar.

Die Seismizität der Betriebsstätte war die in den letzten Jahrzehnten am meisten beforschte, ist seit dem Bau und der Inbetriebnahme des Atomkraftwerkes grundlegend neu bewertet worden und ein die Sicherheit des Kraftwerkes beeinflussendes Charakteristikum der Betriebsstätte. Bezüglich der maßgeblichen Festlegungen im Bereich von Erdbeben waren die wichtigsten Aufgaben der jüngsten Forschungen, alle Möglichkeiten abzuklären und auszuschließen, ob eine Verwerfung an die Oberfläche dringen kann, und zu belegen, dass der Standort entsprechend ausgewählt ist.

Der Wert der horizontalen maximalen, freien durch ein maßgebendes Erdbeben verursachten Beschleunigung beträgt 0,25 g, der vertikalen Komponente 0,2 g.

In Richtung Oberfläche sich öffnende Brüche

Aufgrund der durchgeführten Analysen sind die mittelbaren und unmittelbaren Belege dafür, dass eine Aktivität des Quartars ausgeschlossen werden kann, die folgenden: Die von F. Horváth und KollegInnen an der Donau 1995 aufgenommenen Abschnitte haben belegt, dass die in den pannonischen Schichten bestehende Bruchlinie die jungen Schichten nicht durchquert, dass diese Bruchlinien in keinem seismischen Abschnitt in die oberen, mindestens 45.000 Jahre alte Quartärschicht eindringen. Wegen des jungen Alters der Quartärsedimente, die die Gegend bedecken, kann aber nicht endgültig bestätigt werden, dass diese Bruchlinien nicht aktiv sind, überschneidet doch das "gegenwärtige tektonische Regime" bei weitem die 45.000 Jahre.

Anbetracht der Wahrnehmbarkeitsgrenze kann eine Bewegungsgeschwindigkeit der Bruchlinien aufgrund der geologischen und geophysikalischen Daten von zwischen 0,05 mm/Jahr und 0,1 mm/Jahr nicht ausgeschlossen werden, wobei aber keine einzige geomorphologische Angabe dies bestätigt. Obwohl uns nur wenige Daten zur Verfügung stehen, ist auch in den älteren Lössschichten westlich der Betriebsstätte keine Bruchlinie aus dem Quartär zu finden. Gleichzeitig können aber – an Betracht des geschätzten Alters des Löss' von 0,9 Millionen Jahren – auch die Bewegungsgeschwindigkeiten nicht größer als 0,02 mm/Jahr sein.

Die detaillierten geologischen und geophysikalischen Untersuchungen in der Umgebung der Betriebsstätte bzw. auf der Betriebsstätte selbst zeigen, dass es keinerlei offenkundiges Anzeichen für eine Verwerfung aus dem Quartär gibt. Wo Daten zur Verfügung stehen, sind die Sedimente aus dem Quartär störungsfrei.

Es war zu keiner einzigen pannonischen Struktur eine in irgendeiner Weise messbare Aktivität zuzuordnen (auch wenn man dies wegen der geringen Daten, die zur Verfügung stehen, auch nicht ganz vollständig ausschließen kann, so kamen hier die Informationen aus dem auch zur Zeit noch laufenden mikroseismischen Monitoring.)

Die bei der Betriebsstätte in der pannonischen Schicht aufgearbeiteten Strukturen sind nicht einzigartig, es gibt zahlreiche solche in einem Umkreis von dreißig bis vierzig Kilometer in nördlicher und südlicher Richtung von der Betriebsstätte. Die mit Sedimenten aus dem Quartär bedeckten pannonischen Verwerfungen, die in einem Umkreis von 150 Kilometer untersucht wurden, durchbrachen nicht die Schichten aus dem Quartär.

In der Folge kann festgestellt werden, dass die in den pannonischen Schichten befindlichen Strukturen bei der Betriebsstätte Paks und Umgebung mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht aktiv sind, und daher in der Folge mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keine nach oben an die Oberfläche dringende Brüche verursachen.

Abbildung 4.5.: Eine (mögliche) tektonische Karte des pannonischen Beckens im Neogen

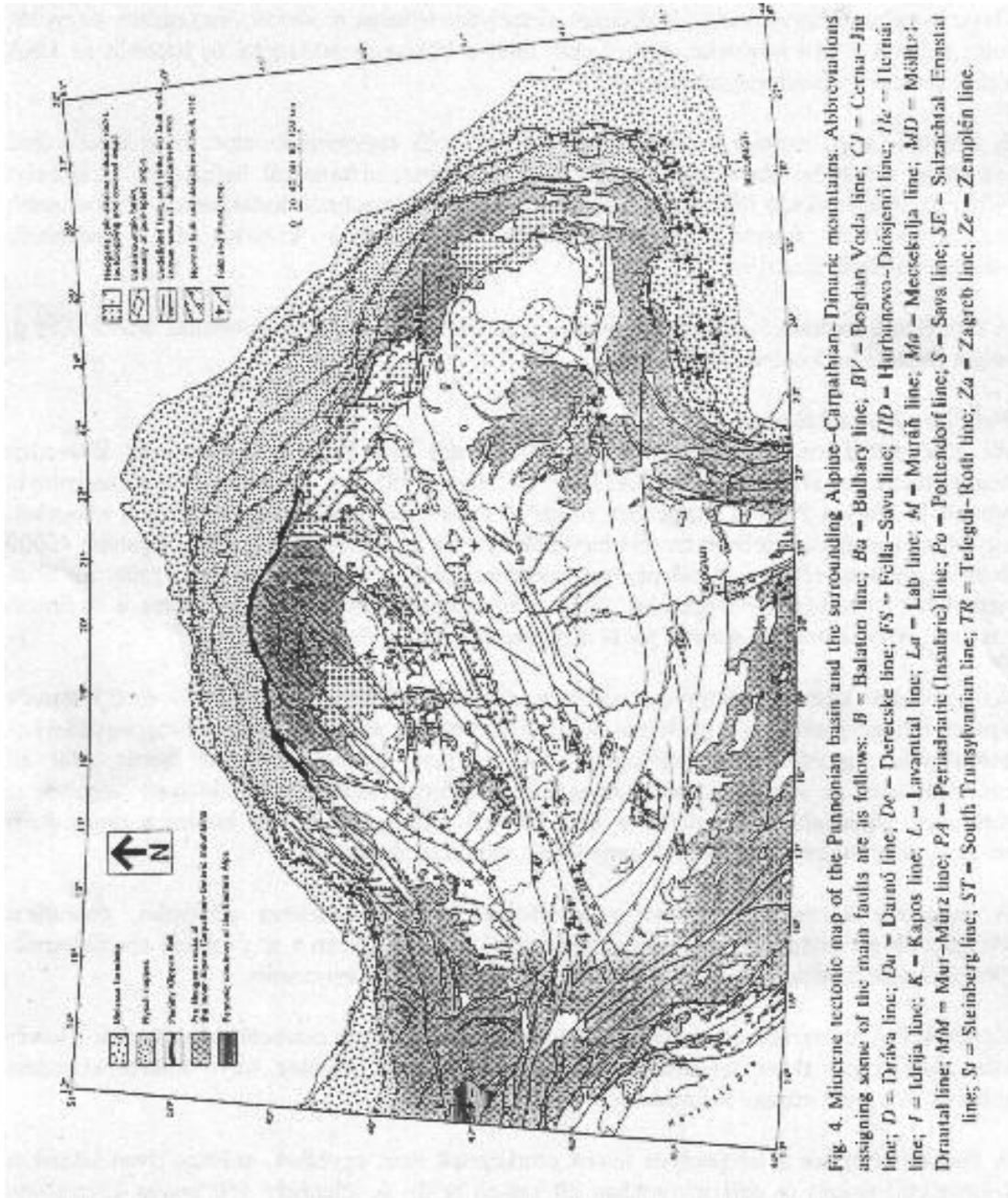


Fig. 4. Miocene tectonic map of the Pannonian basin and the surrounding Alpine-Carpathian-Dinaric mountains. Abbreviations assigning some of the main faults are as follows: B = Balaton line; BV = Bulhary line; C = Cerna-Jiu line; D = Dráva line; Dr = Daránó line; De = Derecske line; FS = Fella-Sava line; IID = Hurbunowa-Diosgenó line; He = Herten line; I = Idréja line; K = Kapos line; L = Lavanatal line; La = Lab line; M = Muráň line; Ma = Mezőkölja line; MD = Mőllé-Drautal line; MM = Mur-Murz line; PA = Periadriatic (Unsubric) line; Po = Pottendorf line; S = Sava line; SE = Salzsachtal-Ennsstal line; Sr = Steinberg line; ST = South Transylvanian line; TR = Telegdi-Roth line; Za = Zagreb line; Ze = Zemplén line.

Zusammenfassende Bewertung des mikroseismischen Monitoringsystems

Das Netz der mikroseismischen Beobachtung des AKW Paks ist berufen in erster Linie die ungarischen, bzw. die Gebiete entlang der ungarischen Grenze zu beobachten, fokussiert aber auf einen Bereich in einem Umkreis von einhundert Kilometer um die Betriebsstätte. Dieser Bereich ist mit den Koordinaten 45.5-49 nördlicher Breite und 16.0.-23.0 östlicher Länge eingrenzbar. In der weiteren Umgebung von Paks war – unter Einbeziehung der Daten zur historischen Seismizität – zu erwarten, dass es im Jahr durchschnittlich zu sechs bis dreißig Erdbeben kommen wird, deren Stärke $M > 2$ sein wird. Die vom mikroseismischen Beobachtungsnetz wahrgenommenen seismischen Ereignisse zwischen den 45,5-49 N Breite und 16,0-23,0 östlicher Länge enthält Tabelle 4.20:

Tabelle 4.20: Zahl der Beben per Jahr

Jahr	Seismisches Ereignis/ Zahl – Stück. – natürlicher Erdbeben	Ausmaß des Ereignisses, Stärke	Längen- und Breitengrad
1995	9/	1,6jÜMLjÜ3,7	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
1996	18/	1,8jÜMLjÜ3,2	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
1997	51/	0,6jÜMLjÜ3,4 (3,3 und 3,4 Grenze Österreich-Ungarn, Grenze Slowakei-Ungarn)	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
1998	55/	0,2jÜMLjÜ3,9 (3,9 Kroatien)	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
1999	81/	0,5jÜMLjÜ3,8	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
2000	150/	0,6jÜMLjÜ4,4 (4,4 in Ostösterreich)	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
2001	110/	0,1jÜMLjÜ3,8 (3,8 in Ostösterreich)	45,5-49,0N, 16,0-23,0E
2002	112/101	0,1jÜMLjÜ3,7	45,5-49,0N, 16,0-23,0E

Die als Ergebnis des Monitorings wesentliche präzisierte Relation $\log N = a - bM$ macht deutlich, dass die Wiederkehrhäufigkeit eines Bebens der Stärke 6.0 zwei- bis dreihundert Jahre beträgt

Ingenieurgeologische und bodenkundliche Verhältnisse der Betriebsstätte

Die geotechnischen Angaben bezüglich der Betriebsstätte können aus drei Quellen stammen:

Vor dem Bau bzw. im Zuge des Baus kam es zu detaillierten boden- und geotechnischen Erkundungen, diese Erkundungen haben für die damaligen Bedürfnisse bezüglich des Baus ausgereicht, die Bewegungen und Absenkungen der Bauten wurden regelmäßig und methodisch genau überprüft und kontrolliert, aus dem im wesentlichen hervorgeht, dass die damalige bodenmechanische Datenaufnahme und die auf ihr beruhende Grundplanung und Fundamenterrichtung korrekt war.

Auf dem Gebiet der KKÁT ("Vorübergehende Lagerungsstätte für ausgebrannte Brennstäbe") kam es ebenfalls zu traditionellen, der ungarischen Baupraxis und den Erfordernissen entsprechenden bodenmechanischen Untersuchungen.

Zu ausgedehnten bodenmechanischen Untersuchungen kam es bezüglich der Neubewertung der Seismizität der Betriebsstätte, der Bewertung der Merkmale eines stärkstmöglichen Bebens, eines Bodenflusses sowie der Wechselwirkungen zwischen Boden und Gebäude – in erster um die dynamischen Charakteristika, die mit einer Veränderung einhergehen, besser bestimmen zu können.

Grundlegende Schichtenordnung

Unter der oberen Humusschicht befindet sich eine 25 bis dreißig Meter dicke Schicht aus dem Pleistozän, dessen obere, ca. zwölf bis fünfzehn Meter dicke Schicht aus feinem, hochklassigen Sand aus Überschwemmungsauf-

schüttungen stammt. Der untere Teil ist Schottersand, schotteriger, dünner, schotteriger Sand, dessen Dicke wiederum fünfzehn bis zwanzig Meter ausmacht. Die obere Schicht hat die Donau im Holozän durchgewaschen und erneut Sand, Schwemmschlamm, Schüttmaterial abgelegt. In einer Tiefe von sieben bis neun Meter sind die Schlammplatten der toten Arme von lokal kennzeichnenden organischen Schlammarten und Torfen bestimmt. Unter den Schichten aus dem Pleistozän sind oberpannonische Schichten aus Seen und unterschiedlicher Entwicklung zu finden. Sie bestehen aus feinem Sand, Gesteinsmehl, Ton, Tonmergel und sind unsystematisch von Sandsteinbänken gegliedert. Diese Bänke sind in unterschiedlicher Form verfestigt, können als Halbgestein betrachtet werden.

Sandaufschüttungen und Humussand wurde nur lokal in einer Dicke von 0,2 bis 5,2 Meter festgestellt. Die Sandschicht unterschiedlichster Farben, die das Niveau des Überschwemmungsgebietes bildet wurde in eine Höhe von 74-82 Meter baltischer Seehöhe aufgearbeitet, die aus feinem bis mittelfeinem Sand besteht. In den Sand verstreut wurden in großen Mengen organische und weiche Schichten aufgedeckt, sowie Spuren, die auf organische Schichten hinweisen. Diese Zwischenschichten: weicher Ton, Schlamm, sandiger Schlamm, schlammiger Mehlsand in einer Dicke von 0,2 bis 1,4 Meter, weiters in einer Dicke von 0,2 bis 1,2 Meter Spuren von organischen Stoffen, organischer Sand, komprimierbares, weiches organisches Material sowie Schlamm. Die grobkörnigen Terrassensedimente sind Schottersand und schotteriger Sand. Die Oberfläche ist nicht gleichmäßig, die Oberfläche wurde im Rahmen von Bohrungen auf der Höhe von 76 bis 82 Meter baltischer Seehöhe erforscht. Gemäß den Erfahrungen von Paks ist die Zusammensetzung in der Region stark unterschiedlich, der Schottergehalt ist sehr stark gestreut. Die Bohrungen in eine Tiefe von dreißig bis fünfzig Meter klären die Zusammensetzung der Oberfläche der pannonischen Schicht eindeutig. Seine Oberfläche befindet sich 21 bis 28 Meter unter der Erdoberfläche, auf einer Höhe von 69-73 Meter baltischer Seehöhe. Gemäß dem früher bereits herrschendem Bild ist auch hier eine feine Schichtung, die schnelle Abwechslung der einzelnen Schichten charakteristisch – ganz entsprechend den Umständen einer Seesedimentierung. Unmittelbar bei der Betriebsstätte ist von einem Vorkommen der Lössfraktion nichts bekannt.

Untersuchung der Möglichkeiten von Erdfluss und der Bodenstabilität

Anbetracht der Tatsache, dass eine nachträgliche Vermeidung von Bodenfluss nur schwer vorstellbar ist, muss das Problem auf jeden Fall mit der modernsten Vorgangsweise überprüft werden. Die angewandte Methode bietet die Bewertung der Wahrscheinlichkeit des Bodenflusses bezüglich der "return period", bzw. der Festlegung der jährlichen Häufigkeit.

Es ist feststellbar, dass nur die in zehn bis zwanzig Meter Tiefe befindliche Schicht zum Erdfluss neigt, für die zehn Meter tiefe Schicht ist eine 11.900jährige, für die 12,5 Meter tiefe eine von 11.300, für die fünfzehn Meter tiefe eine 11.700jährige "best estimate" Wiederkehrzeit eines Erdflusses charakteristisch. Gemäß den detaillierten Sensibilitätsstudien beträgt diese Periode – auf einer fünfzehn- bzw. 85prozentigen Konfidenzebene – 8.000 und 30.000 Jahre.

Der Sohlendruck von 130 kPa des Hauptgebäudes verändert das Erdflusspotenzial. In den Schichten zwischen -10 und -20 Meter ist damit die "best estimate" Wiederkehrzeit eines Bodenflusses 14.800 Jahre, in einer Tiefe von -15 Meter (der Grundplatte am nächsten) bis -20 Meter 18.300 Jahre.

Nach den neuesten Ergebnissen muss mit einer leichten Beschädigung des Fundamentes nicht gerechnet werden, wenn sich über der sich verfließenden Schicht eine entsprechend starke Abdeckung befindet. Feststellbar ist, dass mit einem globalem Erdfluss unter dem Hauptgebäude – mit einer Wahrscheinlichkeit von 10^{-4} – nicht zu rechnen ist. Die beste Schätzung lieferte eine signifikant kleinere Wahrscheinlichkeit, ein Wert 10^{-4} entspricht einer 85prozentigen Konfidenzschätzung. Daraus ergibt sich, dass man bezüglich des in erdbebensicherheitsmäßiger Sicht als "1" kategorisierte Gebäude unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Boden und Gebäude ein konkretes Urteil fällen kann.

4.3.4.2. Geologische und hydrogeologische Zusammenhänge im Donautal

4.3.4.2.1. Morphologie und Geologie des Donautals

Die untersuchte Region war bis zum Ende des mittleren Pleistozäns, also vor bis 80. bis 100.000 Jahren ein organischer Bestandteil des Lössgebietes im Raum Paks-Dunaszentgyörgy-Tengeli. Zu dieser Zeit entstanden auch die aus diesem Mezöföld in Richtung Große Ungarische Tiefebene verlaufenden Täler in NW-SO Richtung. Diese in die ausgetrockneten oberpannonischen Sedimente eingeschnittenen Erosionskanäle, die in Richtung der

Erosionsbais – des sog. Levantesees – verliefen, sind inzwischen mit karbonisiertem Horizontgestein und Rottongesteinsserien aufgefüllt. Auf dieser Oberfläche hat die Donau am Ende des Pleistozäns, Anfang des Holozäns sein gegenwärtiges Bett eingenommen.

Die strukturelle Aktivität des Beckens von Kalocsa aus der höheren Pleistozänzeit ist aufgrund der schichtkundlichen und sedimentgeologischen Daten bereits seit längerem bekannt. Die Donau füllte diese Vertiefung sehr rasch auf, grub sich im westlichen Teil des Gebietes bei Dunakömlöd, Paks und Tengelic in die oberpannonische Oberfläche ein, baute mittels Seitenerosion die aus Rotton und alten Lössablagerungen bestehenden Abhänge ab, und baute sich so eine breite Talebene aus. Die Absenkbewegung spielte sich in zwei bis drei Rhythmen an, was im Gesamtflusswasserbestand die in zwei bis drei Schichten auftretenden sechs bis zehn Meter dicken Schotterhorizonte belegen.

In der ersten Bewegungsphase, zur Zeit der letzten Zwischeneiszeit, sank die Gegend um 20 bis 25 Meter ab, in der Mitte des oberen Pleistozäns – ca. von 40 bis 50.000 Jahren – im Raum Paks und Tengelic um weitere 20/25 Meter. In einigen Teilen überstieg die Absenkung dieses Maß sogar, womit die Donau auf ihre älteren Sedimente wieder eine 15 bis 20 Meter dicke Ablagerung ablegte.

Die geomorphologischen Gegebenheiten und geologischen Verhältnisse des Gebietes des Kraftwerkes und der unmittelbaren Umgebung scheinen letztlich auch zu bestätigen, dass es in diesen nördlichen Gebieten seit dem Ende des oberen Pleistozäns keinerlei strukturelle Änderungen mehr eingetreten sind. Darauf lässt sich auch aus dem Zustand vor Baubeginn schließen. Die Ausgrabungen in den Jahren 1967/68 zeugen von drei bis sieben Meter dicken Sand. Diese Proben wurden von Fossilienböden gegliedert. Die tiefste war die am meisten entwickelte und war auch mit der in der Sandgrube westlich des Kraftwerkes entdeckten Fossilienböden identifizierbar.

Diese Daten untermauern, dass die Donau bereits zur Zeit des Endes des oberen Pleistozäns die Gegend verlassen hatte, seine Haupt- und Nebenarme sich nach Osten verlagert hatten, wahrscheinlich auch deshalb, weil der östliche Teil stärker absank. Die Senkbewegung des Gebietes um das Kraftwerk und die unmittelbare Gegend hielt an, das Gebiet gelangte aufs Trockene, womit auf die Donausedimente in mehreren Schichten vom Wind Sand aufgeblasen werden konnte.

Aufgrund der C14-Untersuchungsmethode ist für die Gegend von Paks eine abschnittsweise mit schneller Absenkung einhergehende Periode anzunehmen, wonach sich diese Bewegung verlangsamt, schließlich zu einem Stillstand kam. Dies wird auch von Bohrproben bestätigt, die zwischen Paks und dem Siófluß durchgeführt wurden. In diesen Bohrungen zeigten sich in zwei bis drei Ebenen **grobkörnige Schotterschichten, die sich nach oben immer weiter verfeinerten, einzelne dieser Auffüllperioden wurden in der Regel von Schlamm oder Sandschlamm abgeschlossen.**

Das jüngste Ergebnis dieser Absenkung ist das sog. Becken von Sárköz. Gemäß den C14-Daten zog diese Absenkung vor elftausend Jahren die westlichen Arme der Donau hierher, schließlich sogar den ganzen Flusslauf. Laut den Untersuchungen war ab Ende der Würmzeit über das ganze Holozän hinausgehend die Absenkung weiter stark. Über die morphologischen Veränderungen, die von den regionalen Absenkungen verursachten Flussbettveränderungen hinausgehend war aber auch die eigene Fähigkeit des Stromes Geröll zu transportieren und damit den Flusslauf zu regeln beträchtlich.

Im Norden von Paks verhindert das am Flussbettboden befindliche Schotterlager die Eingrabung des Flusses und die Entstehung freier Mäander, südlich von Paks gibt es aber solche Hindernisse nicht mehr, weil die Schotterschicht fünf bis zehn Meter unter das heutige Flussbett abgesunken ist. (Siehe Bereich im Abschnitt zwischen Abschnitt 3_B und 6). Hier kann die Donau mäandern. Für die Ausformung eines solchen Bettes bis zu seiner natürlichen Absperrung bedurfte es nach den Untersuchungen von S. Somogyi (1974) ca. hundertfünfzig bis zweihundert Jahre.

Die in den Jahren 1735-1750 von Mikovinyi angefertigte Landkarte wurde bezüglich der strukturellen Ausrichtung der Donaumäander untersucht und eine NW-SO Richtung festgestellt, gleichzeitig aber auch eine N-S und O-W Ausrichtung der alten Mäander. Gemäß dieser Landkarte war der Raum zwischen Paks und Szekszárd vom ehemaligen Bett vollkommen ausgefüllt, dies zeigt sich vielleicht am ehesten im Raum Kalocsa.

Bezüglich der Höhe sind die Überschwemmungsgebiete des Holozäns in der Regel in zwei Ebenen zu teilen. Die tiefer liegenden Teile (stillgelegte Arme, erodierte Flächen) gerieten vor der Regulierung bei einem mittleren Anstieg des Pegels im Jahr mehrmals unter Wasser (niedriges Inundationsgebiet, Oberflächen aus dem Neoholozän), während die größeren und höheren Gebiete nur bei stärkeren Überschwemmungen geflutet wurden: allein Überschwemmungen dieser Größenordnung ließen den Fluss nur selten so sehr anschwellen, dass er auch diese oberen Gebiete überflutete.

Mit der Regulierung der Donau, den Uferschutzbauten und dem Bau der Hochwasserschutzdämme wurde die weitere Entwicklung des Überschwemmungsgebietes nachhaltig beeinflusst. Die Hochwässer wurden zum Zwecke des schnelleren Abflusses in kleinere Gebiete gezwungen, die Vermehrung der Pflanzen in den Maändern, die schnelle Verschiebung von Bett und Ufer bzw. deren Auffüllung wurden verhindert bzw. verlangsamt.

Die Formationen aus dem Pleistozän können in zwei Faziestypen gegliedert werden, wobei die Tätigkeit von Wind und Flusswasser die bedeutendsten sind. Von den Formationen des Äolikums ist Löss am verbreitetsten, welcher aus hydrogeologischer Sicht keinerlei strömungstechnische Bedeutung hat. Hydrogeologisch hat er nur bezüglich der Versickerung eine Bedeutung. In unserem Bereich ist eine Formation des Pleistozäns der Rotton, der sich auf die Erosionsoberflächen der pannonischen Formationen setzte, wo es keinerlei Materialtransport durch Flussläufe gab, und der auch nur dort erhalten blieb, wo ihn die Erosion nicht wieder entfernte. Die Flussformationen des Pleistozäns sind aus hydrogeologischer Sicht von herausragender Bedeutung.

Im Donautal befindet sich eine dicke Schicht Schotter aus dem Pleistozän, deren Ursprung nicht aus der Donau kommt (Erdélyi 1955), und wo die feinkörnigeren Sedimente des Pleistozäns fehlen, ist nicht immer leicht zu entscheiden, ob der Schotter von der Donau stammt oder nicht.

Über dem Schotter aus dem Pleistozän siedelte sich als Donausediment großen Ausmaßes Flusssand an. An einigen Stellen des Donautals ersetzt diese Schicht aus Sand auch die Schottersandschicht. Regionale Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Schicht von Norden nach Süden immer dicker wird.

Der Flusssandsand ist in der Regel fein- und mittelkörnig. Grobkörniger Sand kommt selten vor. Unter den Formationen aus dem Holozän ist der Flugsand im Donautal und westlich davon eine sehr charakteristische Formation. Seine maximale Dicke beträgt drei Meter und er befindet sich auch heute noch in Bewegung, wenn ihn keine natürliche oder eine pflanzliche Decke schützt.

Die jüngsten Alluvialformation ist der Flusswassersand oder -ton in den gegenwärtigen Überschwemmungszonen. Unsere hydrogeologischen Untersuchungen erstreckten sich in erster Linie auf die das Grundwasser haltenden alluvialen Gesteine.

4.3.4.2.2. Verbreitung des Alluvialgesteins des Donautals und Tiefenverhältnisse

Die Ausbreitung, Tiefenlage und Ausformung des von der Donau im Pleistozän abgelegten Schotters, des Schottersands, und der mancherorts abgelegten feinkörnigen, sandigen und schlammigen Sedimente war immer schon in einem engen Zusammenhang mit der Wasserbewegung des Flusses und den die Oberfläche der Region beeinflussenden Absenkungen und Erhebungen.

Die Unterbank der Sedimente des Pleistozäns wird von den oberpannonischen, tonigen Sandschlammschichten gebildet.

Die Abgrenzung des Donautals erfolgte auf dem untersuchten Gebiet aufgrund der Landkarte über die Dicke der Schotterschicht. Die Grenze des Tales bestimmten wir mit dem Verschwinden des Schottergerölls, der immer die Gegenwart des Flusslaufes bestätigte. Der westliche Teil des untersuchten Gebietes zeigte bezüglich der Daten große Lücken und die Redaktionsarbeiten zeigen noch immer große Unsicherheiten, weshalb wir die Grenzen des Donautals mit einer Bandbreite von null bis einen Meter der Dicke der Schotterschicht schätzten.

Das Donautal engt sich im NO von Paks, beim nordwestlichen Teil der Bucht von Madocsa, bei einer südwestlichen Beuge ein, ist praktisch mit der gegenwärtigen Donau identisch. In der Mitte der Stadt Paks ist eine kleine Ausbuchtung feststellbar in westlicher Richtung, das Tal verengt sich wieder südlich von Paks, zwingt das Geröll des rechten Donauufers in eine enge Spur. Ab dieser Verengung erweitert sich das Tal in Richtung Süden und Westen, und hier ändert der Lauf auch seine Flussrichtung in Richtung Südwesten. Erst unter Úszód fließt die Donau wieder in Richtung Süden. Die Ausbuchtung in Richtung Westen erfolgt in südwestlicher Richtung, in Richtung Pusztahencse. Diese Ausbuchtungsrichtung wird in Richtung Südosten, in der Linie der Weinberge von Tengelic, gebrochen, umgeht die Siedlung. Ab hier folgt sie dem linken Ufer der Donau in einem Abstand von zwanzig Kilometer, hier handelt es sich bereits um den nördlichen Teil der Ausbuchtung bei Szekszárd. Im Bereich der Stadt Szekszárd bildet die Grenzlinie das Hügelland von Szekszárd, und die zudem der Verlauf der Landesstraßen Nummer 6 und 56 angibt.

Die westliche Grenze des Donautales liegt unter Bátorfő bei Dunafalva und Mohács, das Tal engt sich hier auf den kleinen Streifen zwischen der Donau selbst und der Straße Nummer 56 ein, führt dann südlich von Mohács in Richtung Kőlked und erweitert sich wieder im Raum der Staatsgrenze.

Die Ostgrenze des Donautals formt am linken Ufer die Ostgrenze der ausgebildeten Absenkungen, südlich von Kalocsa weitet sie sich bis zur Linie des Donauhauptkanals aus. Von Sükösd bis Baja bzw. südlich von Baja gibt

die Terrasse der südlichen Batschka bzw. in etwa die Führung der Landesstraße Nummer 51 den weiteren Verlauf an.

Die allgemeine Richtung des Gefälles der Unterbank des Gerölls aus dem Pleistozän (im Bereich des Donautals des Schottergerölls aus dem Pleistozän) verläuft in der Linie Ordas-Paks-Tengelic in nordwestlich-südöstlicher Richtung. Dieses vorherrschende Gefälle ändert im Raum der Absenkung Kalocsa (Uszód-Foktő-Gerjen-Bátya) seine Richtung in Richtung Osten.

Auf den Unterbanklandkarten sind auch die Spuren der Mikroabsenkungen und -erhebungen zu sehen, die die Geröllbildung der Donau beeinflussen. Solche Anomalien sind am linken Ufer der Donau im Raum Dunaszentbenedek, Uszód und Gerjen zu beobachten, wo die Unterbank lokal auf einem höheren absoluten Niveau zu finden ist. Anzeichen größerer geologischer Bewegungen können bei den Absenkungen angezeigt werden. Die Absenkung von Kalocsa, an dessen westlichen Rand (zwischen Uszód und Foktő) die Wasserbasis von Kalocsa errichtet wurde, senkt sich entlang der Linie Géderlak-Dunaszentbenedek-Uszód in südöstlicher Richtung stark ab, entlang der Linie Uszód-Foktő-Bátya zeigen sich diese Phänomene in östlicher Richtung aber bereits in einem geringfügigeren Maße. In Richtung Osten ist diese Senkung laufend, die Verbindung zu den mehrere hundert Meter unter dem zwischen Donau und Theiß befindlichen Schichten aus dem Pleistozän sind laut Fachliteratur schon lange bestätigt.

Das absolute Niveau der Unterbank der Schotterschicht am linken Donauufer beträgt im Norden (Raum Ordás) 70 bis 75 Meter über baltisches Seehöhe, im Süden (Raum Bátýa) 40 bis 45 Meter über baltisches Seehöhe, bei der Wasserbasis Kalocsa 40 bis 45 Meter über baltisches Seehöhe, davon östlich nur mehr 25 bis 20 Meter. Die Dicke dieser Schotterschicht ist im Norden nur fünf bis 15 Meter, in der Absenkung von Kalocsa beträgt sie bereits vierzig bis fünfzig Meter (der Schotter ist hier in zwei Schichten zu finden).

Verglichen zum linken Donauufer zeigen sich in den rechten Ufergebieten einigen Abweichungen. Die Oberfläche der Unterbank der Schotterschicht zeigt ein morphologisch etwas ruhigeres Bild. Im westlichen Bereich, aus der Richtung Mezőföld, sinkt die Unterbank in Richtung Südosten laufend ab, wobei aber diese Absenkung sich im Raum Csámpa-Dunaszentgyörgy-Fadd minimiert. Kleinere Anomalien, Erhebungen sind bei Paks zu sehen, aber dessen Interpretierung kann wegen der Widersprüche in den Schichtbeschreibungen nur regional erfolgen.

Die oberirdische Erhebung des Raumes Dunaszentgyörgy ist auch an der unterirdischen Topographie der Unterbank nachvollziehbar. In Richtung südöstlicher Absenkung der Unterbank ist in östlicher Richtung eine kleine Veränderung sichtbar. Die Abweichung und die unterirdischen Formen zeigt die Veränderung der Dicke der Schotterschicht noch ausdrücklicher.

4.3.4.2.3. Grundwasserverhältnisse im Donautal

Im Donautal wird das Grundwasser in den alluvialen, Schotter- und Sandschichten aus den Pleistozän und Holozän gelagert. Das Grundwasser bildet ein zusammenhängendes System und steht in einem unmittelbaren Zusammenhang mit dem Grundwasser höheren Niveaus, das sich im Westen aus den Niederschlägen in die Lössplateaus des Holozän des Mezőföld, die die Grenze zum Donautal bilden, versickert ist und sich auf den Lehmschichten gesammelt hat. Dieses Gebiet sichert den Wassernachschub des Grundwassers des Donautals aus dem Westen.

Die allgemeine Strömungsrichtung des Grundwassers ist am rechten Donauufer von Nordwest nach Südost, am linken von Ost nach West. Die Strömungsverhältnisse werden von den Erosionsbasen der Donau, zum Teil auch von den territorialen Bedingungen der Absenkungen bestimmt.

Der Wasserlauf der Donau hat auf das Grundwasser zweierlei Auswirkungen: bei niedrigem Wasserpegel zapft sie das Grundwasser ab, bei hohem nährt sie es. Diese Wirkung zeigt sie im Bereich der hydrodynamischen Auswirkungen, die eine Veränderung des Grundwasserspiegels entsprechend dem jeweiligen Pegelstand der Donau zur Folge hat. Die sich verändernden Pegelstände der Donau verbreiten sich in Form von Druckwellen und führen beim Grundwasserpegel entweder zu Steigerungen oder Absenkungen. Die Verbreitung der Druckwellen wird von der Schotterschicht an den Hintergrund weitergegeben. Die natürliche Wirkungszone der Donau ist daher aufgrund der Ausbreitung dieser Druckwellen anzugeben.

Die tatsächliche Bewegung der Grundwasserteilchen erfolgt in dem vom Donaubett berührten feinen Sand- oder Sandschottergeröll. Die Strömungsrichtung des Grundwassers verläuft im unmittelbaren Bereich der Donau quer zum Verlauf des Flusses.

Bei der Untersuchung von Wasseruferfilteranlagen wurde festgestellt, dass verschiedene Grundwasserflächen, die zu unterschiedlichen natürlichen Sickersituationen gehören sich zueinander immer parallel bewegen. Bei der Aufnahme der Querabschnitte der Strömungen ist sichtbar, dass die hydraulischen Gradienten der unterschiedli-

chen Strömungszonen sich in unterschiedlichen Sickersituationen nicht verändern. Auf Wirkung von hohen oder niedrigen Wasserständen der Donau werden die Strömungsprofile, die einen gegebenen Uferabschnitt charakterisieren, parallel mit sich selbst verändert. Bei niedrigen Wasserständen der Donau ist bei einem gegebenen Punkt des Strömungsabschnittes derselbe hydraulische Gradient tiefer, bei höheren Wasserständen höher zu messen. Diese Sickersituation besteht aber nicht innerhalb einer Entfernung von 400 bis 700 Meter ab Donau. Hier ändert sich die Größe und die Richtung des hydraulischen Gradienten jeweils abhängig vom Wasserstand der Donau.

Aufgrund von Tritiumuntersuchungen befinden sich am unteren Ende des Wasser bewahrenden Gesteins Gewässer, die älter als 35 Jahre sind, die sich unter normalen Umständen nicht an der vertikalen Grundwasserbewegung beteiligen oder nur von einer sehr viel langsameren, Jahrzehnte dauernden Bewegung gekennzeichnet sind, zumindest viel langsamer als jene Wasserteilchen, die sich im feinkörnigen Sand befinden. Die auf der Oberfläche dieses Wasserreservoirs befindlichen Wasserteilchen vermischen sich mit den aus den Niederschlägen versickernden bzw. aus den Überschwemmungen der Donau gespeisten Wassern.

Die Auffüllung der Grundwasserreservoirs des Donautals erfolgt aus dem Westen, aus dem Grundwasser des Mezöföld, das sich aus Regenwasser speist. Der hydraulische Gradient des sich auf einem höheren Niveau befindlichen Grundwassers des Mezöföld sinkt von West nach Ost in mehren Stufen ab.

Charakteristische Grundwasserspiegel im Raum Csámpa ist 91 Meter über baltischer Seehöhe, bei den nordöstlichen Abschnitten der Teile der Weinberge bei Tengelic 92 Meter über baltischer Seehöhe, bei Dunaszentgyörgy 90,5 Meter über baltischer Seehöhe, Fadd 87,5 Meter über baltischer Seehöhe, südlich des Kraftwerkes 87 Meter über baltischer Seehöhe, am Donauufer 85,5-86 Meter über baltischer Seehöhe. Im Bereich des Kraftwerkes wurde die maximale Höhe des Grundwasserpegels auf 92-93 Meter über baltischer Seehöhe, die minimale auf 84-85 Meter über baltischer Seehöhe geschätzt.

Das Strömungsbild des Grundwassers am linken Donauufer unterscheidet sich bei Niedrigwasser im Herbst ein wenig vom jenen des rechten. Im Norden verläuft der Grundwasserpegel bei Ordás Géderlak bei 88-90 Meter über baltischer Seehöhe, im Raum Kalocsa 89 Meter über baltischer Seehöhe, im Raum Bática 87 Meter über baltischer Seehöhe, im Raum des Donauufers ist ein Pegel von Meter 86-87 über baltische Seehöhe zu messen.

Der Grundwasserspiegel des höheren Hintergrundwassers ist auch hier höher als beim Flusstal, deshalb verläuft die allgemeine Strömungsrichtung von Ost nach West, das heißt in Richtung zur Donau. In Nord-Süd-Richtung ist der hydraulische Gradient um Größenordnungen geringer als in Ost-West Richtung. Bei natürlicher Strömung zeigen die hydraulischen Gradienten kleinere Wert als am linken Ufer.

Wegen der höheren Hintergrundwasserlage ist an beiden Ufern festzustellen, dass der Wasserstand der Donau die herrschenden Strömungsrichtungen des Grundwassers nur kurzfristig ändern kann. Bei langanhaltenden hohen Wasserständen verringern die Druckwellen der Donau das Ausmaß der Grundwasserströmung in Richtung Donau, bzw. verändern in einem verhältnismäßig schmalen Streifen von 500 bis 700 Meter mit einer in den Hintergrund verlaufenden Strömung sogar die Sickerichtung. Die Größe und die Richtung des hydraulischen Gradienten ist in dieser Region immer vom Wasserstand der Donau abhängig.