

## **C.II.A.4. Geofaktoren der Umwelt**

### **Geomorphologisches Terrain**

Der Standort Temelin befindet sich im südböhmischen Kreis im nördlichen Teil des Bezirks Ceske Budejovice, in der Nähe der Gemeinde Temelin. Orographisch gesehen gehört er zum Taborhügelgebiet, das Teil des Mittelböhmischen Hügellands ist. Für die Morphologie des Taborhügelgebiets sind gegliederte Erosionen auf flachen Kämmen und Denudationsflächen charakteristisch. Morphologisch bedeutendere Elemente sind nur die Flußbetten von Moldau und Luznice. Das Bauareal Temelin befindet sich auf einer dieser Ebenen, auf einer Seehöhe von ca. 507 m.

Vor Baubeginn wurden grobe Terrainarbeiten durchgeführt, die aus der Begradigung und Beseitigung einer 5 bis 10 m dicken Erdschicht bestanden. Die Gebäude sind auf Fundamenten von einer Tiefe von 7 bis 8 m, d.h., daß die Fundamentfugen des Gebäudes ca. 10 bis 15 m unter der ursprünglichen Oberfläche sind.

### **Geologische Verhältnisse**

Im Rahmen der regional-geologischen Gliederung wird das Interessensgebiet zum nordwestlichen Teil des südböhmischen Moldanubikums gerechnet, das im südböhmischen Gebiet durch seine beiden litofaziale Einheiten - die monotone und vielfältige Serie repräsentiert wird, am Ort des KKW sind jedoch nur Gesteine der monotonen Serie vorzufinden. Die Struktur des moldanubischen Kristallinikums wurde sowohl plastisch als auch ruptural in einigen Phasen bis Ende des Paläozoikums geformt, wobei die älteren Strukturen wiederholt aktiviert und neu geformt wurden. (Buday et al., 1961).

Die am meisten verbreiteten Gesteine sind biotitische, biotitisch-sillimanitische bis biotitisch-cordieritische Paragneise und Migmatite, stellenweise mit Quarzit-Amphibolit- oder Orthogneiseinlagerungen. Diese Metamorphite sind das Produkt von komplexen polyphasen Deformationen mit dem Charakter von Überschiebungsdecken kadomischer und Herzyger metamorpher und Deformationszyklen (Cech et al. 1962, Klecka et al. 1998). Die Quartärsedimente bestehen vor allem aus Hügelgerden, deluviofluvialen Sedimenten und fluvialem Sandschotter (Novak, Jedlicka 1993, Anton 1993). Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten ist von der Geomorphologie abhängig.

Die Klassifizierung der Gesteine der Baustelle basiert auf der Bewertung der Genese (Art des Gesteins), der technischen (Verwitterungsstufe, Klassifizierung des Festigkeit) und der petrographischen (mineralogische Verbindungen, Körnung, Struktur) Bewertung des Gesteinstyps.

Der Felsuntergrund besteht aus Metamorphiten einer einheitlichen Serie, die aus sillimanit- biotitischem Paragneis, Grauwackengneis bis Migmatit mit granitoiden Gesteinen zusammengesetzt sind.

Die metamorphierten Gesteine im Areal sind sillimanit- biotitisches Paragneis. Es handelt sich um ein leicht bis mittelstark körniges Gestein, dunkelgrau bis schwarzgrau, mittel bis stark migmatisiert, mit einem unterschiedlichen Quarzanteil. Der sillimanit- biotitische Paragneis ist ein feinkörniges bis gering körniges Gestein,

grau oder hellgrau dunkel geadert, mit geringer Migmatierungsstufe, die gesamte Verquarzung ist stark, das Gestein fest, stark zerklüftet. Der Quarzgneis ist sehr feinkörnig bis feinkörnig, hellgrau bis weißgrau, die Migmatierungsstufe ist sehr gering, die gesamte Verquarzung ist sehr stark, es handelt sich um ein Gestein extremer Festigkeit, stark zerklüftet. Die letzte Art von metamorphiertem Gestein sind Migmatite mit einem Großteil von Parateilen, der Anteil der Ortoteile ist stark unterschiedlich. Es handelt sich um leicht bis mittelkörnige Gesteine, hell bis schwarz geschliert, stark bis sehr stark migmatisiert, gesamte Verquarzung ist gering, die Verglimmerung ist stark bis sehr stark, das Gestein ist mittel fest bis weiche, mittlere Verwitterung.

Die granitoiden Gesteine bilden Einlagen in den moldanubischen Metamorphiten. Im Areal Temelin gibt es zwei Arten: den aderigen (aplitischer) Granit – ein Gestein leicht bis mittelkörnig, fest bis sehr fest, stark zerklüftet. Weiter pegmatitisches Granit, mittel bis grobkörnig mit granitischer Struktur, fest bis sehr fest, mittel bis stark zerklüftet. Ein weiterer Typ ist der Pegmatit, ein grobkörniges bis grobkörniges Gestein mit pegmatitischer Struktur. Dieses Gestein ist fest und stark bis sehr stark verwittert. Die letzte Art ist der aderige (Sekret-)Quarz. Es ist ein massives Gestein, eventuell sehr feinkörnig; es ist extrem fest, Zerklüftung ist stark.

Die geologischen Untersuchungen stellten leicht verwittertes bis gesundes Gestein bis 20m und tiefer fest. Im Höhenunterschied von 12-20 m sind die Gesteine leicht verwittert bis lagebedingt stark verwittert, es folgt eine Schicht von verwittertem Gestein (in einer Tiefe von 6-12 m) eine Schicht von stark verwittertem Gestein (Tiefe 4-6m). Der Verlauf der Isolinie der Verwitterung deutet ein ungleichmäßiges Wirken der Verwitterungsprozesse an. Der Verwitterungsprozeß ist durch die Zerklüftung und die Verquarzungsstufe bedingt. Die Basis dieser Zone ist, wie eine Detailuntersuchung zeigte, in einer Tiefe von 5-15m unter dem Terrain, im Bereich der Störzone bis 25 m unter dem Terrain.

Die Schicht der stark verwitterten Gesteine geht in die Zone der fossilen Verwitterung über. Es sind völlig aufgelöste Paragneis, migmatisierte Gesteine oder granitisch-pegmatitische Gestein. Die physikalisch – mechanischen Eigenschaften entsprechen dem Quartärbelag. Die Zone der fossilen Verwitterung (eluvium) unterscheidet sich einerseits durch die mineralogische und andererseits die granulometrische Zusammensetzung je nach Muttergestein. Die Gneiseluvien sind feinkörnige lehm-sandige Gesteine, dunkel-rostbraun-grau, teilweise trennfest, niedrig bis mittel plastisch, fest. Die Eluvien der Körnergneise sind sandiger, eingefärbt, weniger glimmerig, mittelkörnig. Die granitoiden Gesteine verwittern in mittel – bis grobkörnigen Lehm-sand. Die Eluvialzone ist bei der Festigkeit uneinheitlich, mit stark unterschiedlichen physikalisch-mechanischen Eigenschaften.

In der Schicht über der fossilen Verwitterungsschicht des Moldanubikums liegen Quartärsedimente. Die durchschnittliche Mächtigkeit auf dem Bauplatz des Kraftwerks wurde bis 1,5 m festgestellt. Aus Sicht der Genese handelt es sich um Deluvialsedimente aus dem Pleistozän, lediglich die Ackerschicht stammt aus dem Holozän – Pleistozän. Entsprechend der granulometrischen Zusammensetzung wurden 5 Grundarten der Quartärüberlagerung bestimmt: Ackerboden, verlagertes Gneiseluvium, Lehmsand, Tonerde und Material, das die Wegspüldepression ausfüllt. Unter dem Aspekt der Fundamente des KKW ist die Schicht der

Quartärüberlagerung nicht bedeutend, da sie im Rahmen der groben Terrainarbeiten abgetragen wurde.

Aus den Ergebnissen der detaillierten ingenieur-geologischen Untersuchung ging hervor, daß der Bereich der Hauptobjekte des KKW sich auf einem einheitlich tektonischen (geologischen) Block mit der Auftreten von Diskontinuitäten lokaler Bedeutung befindet, die keine bedeutenden Störungen sind und die Kontinuität der moldanubischen Scholle des Hauptbauareals nicht stört. Der Begriff einheitlicher tektonischer Block wird entsprechend der Terminologie der IAEO verwendet.

### **Hydrogeologische Verhältnisse**

Die Gesteine des Krystallinikums (moldanubische Metamorphite) können als eine hydrogeologisch weniger bedeutende Struktur betrachtet werden. Es handelt sich um einen wenig durchlässigen Komplex, mit einer relativ besseren Durchlässigkeit der angewitterten als der verwitterten Oberflächzone des Felsmassive und der tektonisch gestörten Einlagen der festeren Gesteine.

Die Quartärüberlagerung, ein Verwitterungsmantel des Krystalinikums und die zerklüftete Zone des Felsmassivs bilden einen einheitlichen Wasserzufluß des seichten Systems mit einer Poren-Kluft-Durchlässigkeit, die bei zunehmender Tiefe in eine Kluftdurchlässigkeit übergeht. Der seichte Umlauf ist bis zu einer Tiefe von 25-30 m bemerkbar, die Ausgiebigkeit der hydrogeologischen Objekte bewegt sich bis 0,1/s.

Als Folge der Terrainarbeiten und der verschieden tiefen Fundamente der Objekte des KKW sind die Quartärsedimente und die Eluvialzone unzusammenhängend, oft nur übergangsmäßig bewässert, mit einer geringen Durchlässigkeit. Diese Bewässerung unter der Oberfläche mit einem leicht gespannten und teilweise stark schwankenden Spiegel des Grundwasser ist von den Klimafaktoren stark beeinflusst (Grundwasser wird über die Infiltration aus den Niederschlägen auf der Fläche des Gebiets nachgefüllt).

Mit Untersuchungen wurde die tiefere Strömung des Grundwassers festgestellt. Es handelt sich um sehr langsam sich bewegendes, oder stagnierendes Wasser, das von Niederschlägen nicht stärker beeinflusst wird. Hier überwiegt die Kluftdurchlässigkeit. Die Wasserzufuhr wird in Tiefen von über 100 m lokalisiert. Die natürliche Strömung macht sich hier nicht bemerkbar. Es wird vereinzelt Auftreten von bewässerten Kluftpartien mit einer Quellergiebigkeit von bis zu 0,002 l/s verzeichnet.

Der Grundwasserspiegel im Bereich des Areal des KKW ist bei etwa 599 ü.d.M. Das Areal befindet sich einer Hügelebene, die das umliegende Terrain überblickt. Dieser Bereich ist eines der Infiltrationsgebiete des Grundwassers in der weiteren Umgebung des KKW. Der Grundwasserspiegel kopiert das Terrain und daher fließt das Wasser von der erhöhten Lage des KKW in aller Richtungen. Die wichtigste erosive Basis im Gebiet des KKW ist das Flußtal der Moldau. In diese Richtung wird ein Teil des Hügels Temelin entwässert, d.h. in den Nordwesten in zwei eingeschnittene Täler des Bachs Palecek und Bohunice, weil die Wasserscheide zwischen der Moldau und der Blanice mehr westlich von Temelin liegt und die Basis des Flußtals Blanice höher liegt als das Flußtal des Moldau. Die hydrogeologischen

schematischen Schnitte (Myslil 1995, 1996) sind in Beilage Nr. 8.9, für deren Konstruktion repräsentative Bohrlöcher aus bisher erstellten Unterlagen verwendet wurden, bestätigten die Annahmen über die regionale Richtung der Grundwasserströmung und der Ursachen, die für diese Strömungsrichtung sorgen und diese beeinflussen.

Die Tatsache, daß es zur keiner natürlichen Vermischung des Wassers mit der Wasserzufuhr in den tieferen Zonen kommt, erklärt, warum kein Tritium im Grundwasser des tieferen Wasserzuflusses ist.

Zur Zeit wird im Rahmen des Vorbetriebsmonitorings eine Regimemessung des Grundwasserspiegels im KKW-Gelände und der nächsten Umgebung durchgeführt. Beobachtet werden 23 Bohrlöchern mit seichtem und tiefem Kreislauf. Der seichte wird mit acht Bohrlöchern beobachtet, der tiefe mit vier, neun sind im Monitoringsystem der Deponien. Mit zwei eigenständigen Bohrlöchern wird die zentrale Öl – und Dieselpbewirtschaftung beobachtet. Die Ergebnisse des Monitorings sind in Beilage Nr. 7 dieser Dokumentation zu finden.

### **Tektonische Verhältnisse und natürliche Seismizität des Gebiets**

Das südböhmische Gebiet erlebte starke Veränderungen in der Zeit der Variszaltung (Karbon und Perm). Spätestens in den letzten Phasen der Metamorphose (einige Autoren gingen von Kadom aus) des Moldanubikums wurden (und bisher ist das untersuchte Gebiet davon beeinflusst) die beiden Hauptbruchsysteme begründet (NNO – SSW, NW-SO), die in der späteren Zeit die Entstehung und die Entwicklung der Plattformüberlagerung in diesem Gebiet beeinflussten.

Ab dem Mesozoikum wurde die geologische und tektonisch Entwicklung des Gebiets durch die das benachbarten alpine Orogen beeinflusst. Im südböhmischen Gebiet (wie im gesamten Gebiet des Böhmisches Massivs) wirkte sich diese Faltung durch die Belebung der tektonischen Aktivität der prevarischen und varischen Begründung der Bruchsysteme ausgewirkt. Diese Aktivität bewirkte unter anderem die Entstehung und Entwicklung der Struktur in Südböhmen. An den Einschnitten des varischen Bruchsystems (Blanik-Bruchsystem mit NNO-SSW Orientierung, Jachymov-Bruch mit der Orientierung NW-SO) entstand die Süßwasserseenplatte – Seenplatte Budejovice und Trebon.

Ein wichtiger geomorphologischer Indikator der jüngsten tektonischen Bewegungen (vertikaler und horizontaler) ist das fluviale Netz, die Flußterrassen und Flußbetten. Deren ungestörter Verlauf bestätigt die tektonische Ruhe und die bruchfreie Entwicklung des Gebiets in den letzten 600 000 Jahren (Simunek et al. 1994a).

Für den Bedarf des Baus, den Betrieb des KKW und die Festlegung der Wahrscheinlichkeit von Beben wurde eine detaillierte Untersuchung der Brüche in der nächsten Umgebung durchgeführt. Es wurden folgende festgestellt (Simunek et al. 1994a,b):

Bruch des Grabenbruchs Blanice – geringste Entfernung vom KKW ist 12 km. Der Bruch des Grabenbruchs Blanice (Richtung N-S) verläuft westlich vom KKW, im Flußtal der Blanice. In der Nähe dieser Bruchlinie wurde ein Herd von Mikrobeben lokalisiert. Einigen Interpretationen zufolge ist

dieses Mikrobeben zur Aktivität der Vodnaner Mylonitzzone (es handelt sich um eine Mikrobeben bezeichnet als T1, wie im folgenden Text diskutiert) bezogen. Obwohl neide Bewegungen nicht nachgewiesen sind, ist es notwendig diesen Bruch mit nicht nachgewiesener seismischer Aktivität zu bewerten, der somit bedingt ein Beben verursachen kann. In Bezug auf die Kenntnisse über die Seismizität dieses Gebiets, entsprechend der Meinung der Experten und dem seismotektonischen Modells des Gebiets, überwiegt die Ansicht, daß die Intensität eines Bebens an diesem Bruch die Intensität  $I_0 = 5,5^\circ$  MSK-64 nicht überschreiten kann.

Vodnany Mylonitzzone: geringste Entfernung vom KKW beträgt 4 km. Diese Zone in Richtung NO-SO verläuft von Tyn n. Vltavou zu Vodnany mit einer Gesamtlänge von 16 km. Sie ist etwa 1 km breit und neigt sich 30-40° nach NW. Sie trennt im Moldanubikum zwei litologisch und tektonogenetisch unterschiedliche Einheiten –Podolitzer Komplex und die verschiedenartige und monotone Serie des Moldanubikums. Es handelt sich um ein morphologisch erkennbares und in der Literatur stark behandeltes Phänomen der südböhmischen Region, bei dem einige Autoren (Machart 1987, Klecka et al. 1988, Kalvoda 1989, Czudek et al. 1993) neide tektonische Bewegungen vermuten, die aber nicht belegt sind (Simunek 1994a). In der Nähe dieser Zone wurden vier leichte lokale Beben mit einer lokalen Magnitude unter oder gleich 0,1 (Svancara 2000) registriert. Genauso wie den Blanitzer Bruch muß diese Zone als Bruch mit nicht nachgewiesener seismischer Aktivität betrachtet werden. Diese Zone berührt allerdings mit keinem Teil das Areal Temelin und kann daher zu keinen Deformationen des Fundamentbodens führen. Entsprechend den Kenntnissen über die Seismizität dieses Bereiches und den Ansichten der Experten und dem seismotektonischen Modell der Gebiets überwiegt die Ansicht, daß die Bebenintensität an diesem Bruch die Grenze  $I_0 = 5,5^\circ$  MSK-64 nicht überschreiten kann.

Radomilitzer Bruch – geringste Entfernung vom KKW 10 km. Der Radomilitzer Bruch (Richtung N-S) prädisponiert den Radomilitzer Graben, der mit Sedimenten des mittleren Miocäns gefüllt ist; ist seismotektonisch nicht bedeutend.

Vlhaver Bruch - geringste Entfernung vom KKW 10 km. Der Vlhaver Bruch (Richtung NNO-SSW) begrenzt im Nordwesten das Budweiser Becken. Er ist 7 km lang und hat offensichtlich den Charakter einer Bruchzone mit einer schrittweisen Vergrößerung der Bewegungsamplitude. Man kann eine unbedeutenden Störung der Mydloavary-Schichten annehmen. Der Bruch ist seismotektonisch nicht bedeutend.

Zbudover Bruch – geringste Entfernung vom KKW 11 km, Haklodvor – Bruch – geringste Entfernung vom KKW 15 km. Der Zbudover Bruch verläuft parallel zum Hluboka –Bruch, begrenzt im Norden den Pistiner Graben, der Haklodvor – Bruch begrenzt diesen Graben im Süden. Das Alter der jüngsten Bewegungen ist an beiden Brüchen gleich – mittleres Miocän. Die Brüche sind seismotektonisch nicht bedeutend.

Munitzer Bruch – geringste Entfernung vom KKW 10 km. Der Munitzer Bruch (Richtung NNO-SSW) hatte eine bedeutende Rolle im tektonischen Aufbau des Budweiser Beckens. Am deutlichsten wirkte er sich im Verlauf der Sedimentierung der unteren Teile der Klikovsky-Schichten aus, wo er das Becken senkrecht in den tieferen östlichen und weniger tiefen westlichen Teil aufteilte. Dessen tektonische Aktivität von Kreidezeit bis Tertiär wurde schwächer, zur Zeit ist er seismisch nicht aktiv.

Hrdejovitzer Bruch - geringste Entfernung vom KKW 20 km. Der Hrdejovitzer Bruch verläuft parallel zum Drahteschitzer Bruch. Bewegungen am Bruch sind seit dem Permokarbon bis ins Pliozän nachgewiesen und hatten Inversionscharakter.

Lisnitzer Bruch - geringste Entfernung vom KKW 7 km. Den Lisnitzer Bruch bildet ein System älterer Brüche (Richtung Blanitzer Furche NNO-SSW). Sie sind von einer deutlichen Mylonitisierung betroffen und prädisponieren das neogene Tal des Porezaner-Flusses (Porezaner Graben). Neue Forschungsergebnisse haben keine bedeutenden tektonischen Charakter des Porezaner Grabens festgestellt, die geologischen Beweise weisen die tektonische Ruhe in diesem Streifen seit dem mittleren Miozän nach (einschließlich).

Drahteschitzer Bruch - geringste Entfernung vom KKW 13 km. Der Drahteschitzer Bruch ist der bedeutendste Bruch des Blanitzer Bruchsystems im betrachteten Gebiet. Er wird für eine komplexe tektonische Struktur mit wiederholter Inversionsfunktion gehalten. Die Bewegungsaktivität des Bruchs ist in das mittlere Pliozän (einschließlich) datiert.

Hlubocky Bruch - geringste Entfernung vom KKW 9 km. Der Hlubocky Bruch (Bruchband) ist NW-SO ausgerichtet. Dieser Bruch wurde auf Initiative der IAEO untersucht (Masopust) und auf Grundlage der durchgeführten detaillierten geologischen Untersuchung wurde dessen Verlauf, wie er auf den offiziellen geologischen Karten war, revidiert. Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen ist keine Bewegung seit 0,78 Mio. Jahren nachgewiesen. Die Messungen der seismischen Stationen bestätigen, daß der Bruch „erloschen“ ist, weder in der Nähe des Bruchs noch in dessen breiterem Umfeld wurde ein Erdbeben verzeichnet.

Alle genannten tektonischen Brüche, die potentiell das Areal des KKW Temelin beeinflussen könnten, sind auch im Bericht der AV CR (1998) beschrieben und qualifiziert, wobei die umfassende Bewertung der seismischen Sicherheit des Standorts und die Bewertung der durchgeführten langjährigen Messungen (AV 1999) mit den früheren Ergebnissen der tektonischen und seismologischen Brüche (Simunek 1995) korrespondiert. Alle beschriebenen Brüche sind zwar für Seismologen bedeutend, in den zitierten Arbeiten von AV CR ist allerdings nachgewiesen, daß sie für den Standort Temelin kein größeres seismisches Risiko darstellen, als es im Projekt erwogen wurde (Masopust 2000).

Als Grenzwert des seismischen Risikos wurde in den 70er Jahren der Wert 5,5° MSK-64 als Maximales Berechnungserdbeben (MVZ) für den Standort des KKW (Karnik, Schenk, Schenkova 1979) festgelegt. Aus der Karte der seismischen Gebiete der CR (Karnik et al. 1988) geht hervor, daß der beobachtete Standort in einem Gebiet mit einer Intensität von 6° MSK-64 liegt. Weder am Standort selbst noch in der nahen Umgebung ist eine solche Intensität verzeichnet worden, aber der generalisierte Verlauf des Izoseist deutet darauf hin, daß bei starken Beben in den Ostalpen dieser Wert erreicht werden könnte. Nach einer neuen Bewertung in den Jahren 1990-1995, bei denen das Gebiet der Quelle untersucht wurde, wurde die erwartete Intensität um 0,5° MSK-64 erhöht, von 5,5° MSK-64 auf 6° MSK-64. Gleichzeitig wurde auf Basis der Wahrscheinlichkeitsrechnung das Maximale Berechnungserdbeben für den beobachteten Standort auf 6,5° MSK-64 festgelegt.

Das Audit der IAEO im Jahre 1992 initiierte ebenfalls die Erhöhung der seismischen Widerstandsfähigkeit. Der ursprüngliche Wert für die Spitzenbeschleunigung auf der Ebene des freien Terrains (PGA) laut dem sowjetischen Projekt betrug  $PGA_{MVZ} = 0,06g$ . Auf Grund der Empfehlung wurde dieser Wert auf 0,1 g erhöht, was den Dokumenten der IAEO zufolge der minimale Schwellenwert der Spitzenbeschleunigung auf der Ebene des freien Terrains allgemein für alle KKW ist, die sich an Standorten befinden, wo ein solches Erdbeben nicht stattfinden kann. Dieser PGA-Wert entspricht 7° MSK-64<sup>1</sup>.

Unter Verwendung des genannten, sehr konservativen Zugangs können wir anführen, daß der Wert des Auslegungsbebens (laut IAEO SL-1) dem größten beobachteten Beben oder größten Beben, das im Verlauf der Izoseist der starken Beben am Standort in historischer Zeit beobachtet wird entspricht, d.h. in diesem Fall 6° MSK-64. Das Betriebserdbeben ist entsprechend der üblichen Praxis gleich dem Auslegungsbeben.

Das Kraftwerk Temelin erfüllt zur Zeit alle notwendigen aktuellen Anforderungen der IAEO in Bezug auf die Erdbebenwiderstandsfähigkeit, bei den Baukonstruktionen und bei den technologischen Systemen und Teilkomponenten der Einrichtungen im Rahmen der sog. 1. Kategorie der Erdbebenwiderstandsfähigkeit<sup>2</sup> (Masopust 2000).

Aus einer Studie der historischen Seismizität (Simunek et al. 1994 a) und der Lokalisierung schwacher Beben, die an den seismischen Stationen der CR (Prochazkova 1993b, Bulletin CAV) registriert wurden, geht hervor, daß in der näheren Umgebung des KKW Temelin kein Herd eines Bebens mit einer Intensität im Epizentrum gleich oder größer 3° MSK-64 aufgetreten ist. Die Angaben aus dem Katalog deuten darauf hin, daß die am Standort und der Umgebung betrachteten Erdbeben Schwarmcharakter haben. (Rudajev et al. 1994 – nicht publizierter Bericht „Auswertung der Ergebnisse der Messungen des seismischen Standorts ETE“). Das

---

<sup>1</sup> Dieser Erdbenenintensität wird von verschiedenen Autoren ein unterschiedlicher PGA zugeordnet und das in einer Bandbreite von 0,07g bis 2,2g (Masopust 2000). Auf Basis der Analyse des Bezugs zwischen Bebenintensität und der Beschleunigung des Untergrunds ist die Wert  $PGA = 0,1g$  für die Intensität von 7° MSK-64 ausreichend konservativ.

<sup>2</sup> 1. Kategorie der Erdbebenwiderstandsfähigkeit umfaßt:

a) Sicherheitssysteme und einige sicherheitstechnisch bedeutenden Systeme, einschließl. der zugehörigen baulichen Konstruktionen und allen Teilkomponenten, die für die Erhaltung des nuklearen Blocks in einem sicheren Zustand bei einem Erdbeben und nach dessen Abklingen notwendig sind, müssen seismisch widerstandsfähig sein, bis zum MVZ (7°MSK-64) wie auch bei einem Flugzeugaufprall oder einer äußeren Druckwelle auf das Reaktorgebäude und weitere ausgewählte Objekte des KKW Temelin.

bedeutet, daß der geologische Aufbau langfristig keine größere tektonische Deformationsenergie akkumulieren kann, um sie dann in einem starken Beben (Simunek 1994b) freizusetzen. Seit 1991 bis heute wurde in der weiteren Umgebung des KKW Temelin eine detaillierte seismische Rajonierung durchgeführt, deren Hauptaufgabe die Registrierung von lokalen tektonischen Erscheinung ist. Zur Bestimmung der seismischen Bedrohung des KKW ist die Identifizierung der Brüche am Standort, die Festlegung der seismischen Potentials wichtig.

Zur Zeit besteht das lokale seismologische Netz aus fünf seismologischen Stationen, die sich in einer Entfernung von ca. 4 bis 15 km vom KKW befinden.

Seit 1991 bis zum Ende des ersten Quartals verzeichnete dieses seismologische Netz 33 tektonische Mikrobeben mit Herden in der weiteren Umgebung des KKW Temelin. Die lokale Magnitude des stärksten Mikrobebens vom 9.6.1998 hatte den Wert  $M_l = 2,2$ , die Entfernung vom KKW betrug allerdings 93 km. Das zweitstärkste Mikrobeben vom 2.1.1996 hatte eine Magnitude von  $M_l = 1,8$ , die Entfernung vom KKW war jedoch groß – 45 km (Svancara 2000).

Laut IAEO – Dokumentation („Application fo Microearthquake Surveys in Nuclear Power Plant Siting“, IAEA-TECDOC-343, IAEA, Vienna) besteht die Verpflichtung Erdbeben mit einer Magnitude gleich oder größer 1,0 zu registrieren. Auf Grundlage dieser Vorschrift kann man konstatieren, daß es seit 1991 im Umkreis von 40 km vom KKW kein solches Beben gab. Im Umkreis von 40 bis 70 km wurden 7 Erdbeben registriert, das nächste im Jahre 1993 in der Entfernung von 41,3 km (Svancara 2000).

Das wichtigste Ergebnis der detaillierten seismischen Rajonierung war die Registrierung von 4 schwachen lokalen Mikrobeben, die auf der Linie Albrechtice nad Vltavou – Zdar liegen, etwa 10 km vom KKW entfernt. Alle Beben hatten eine lokale Magnitude von unter oder gleich 0,1. Die Hypozentren von drei Beben liegen in einer Tiefe bis 2 km, das Beben mit dem Epizentrum in Nova Ves bei Protivin (T1) hatte einen Herd in der Tiefe von 9 km. Die Einteilung der Epizentren der Beben in die Richtung NW – SW ermöglicht es, diese Beben als Auswirkungen der bereits verlaufenden Mylonitzone (Svancara) zu betrachten.

Unter Hinblick auf die Tiefe von Hypozentrum T1, das bei ca. 9 km liegt, kann man annehmen, daß es auf Kontakt der Migmatite des Podol-Typs und der migmatitischen Gneise des Moldanubikums zum Mikrobeben kam. Die Möglichkeit einer subrezenten Aufwölbung der nördlichen Decke der Vodnaner Mylonitzone wird auch in der tektonischen Studie des Standorts KKW Temelin (Simunek et al. 1994) zugelassen. Sie beruft sich dabei auf die Studie von Klecka et al. 1988, wo eine Zone intensiven brüchigen Schnitts angegeben wird, auf die Arbeit von Machart (1987), der eine Verwerfung mit den neoiden jüngsten Bewegungen erwähnt. Aus geomorphologischer Sicht schließt Czudelk et al. (1993) auf jüngste vertikale Bewegungen.

Der geophysikalischen Interpretation zufolge, betrifft die mylonitische Zone, auf der sich in der Tiefe von ca. 9 km der Herd T1 befindet (liegt 10 km vom KKW Temelin), mit keinem Teil das Areal des KKW. Dasselbe gilt für die tektonischen Systeme, an die das Auftreten der lokalisierten Mikrobeben gebunden ist.

Auf Basis der Arbeiten der detaillierten Gravimetrie im Umfang einer Karte 1:200 000, M-33-XXVII Ceske Budejovice und der Durchführung der Korrelation mit den Lagen der lokalisierten Hypozentren kann man konstatieren, daß es bei der Kreuzung von geologischen Grenzen und tektonischen Systemen zu Mikrobeben kommt. Am häufigsten handelt es sich um die Kreuzung der Linie der Richtung Krusne Hory (NO-SW) mit einem west-östlichen System. Weniger häufig kommt es zu einer Kreuzung der Linien in Richtung Sudeten (NO-SW) mit einem west-östlichen System bzw. die Kreuzung mit einem meridialen oder äquatorialen (Svancara 2000).

Ähnliche geologische Studien zeigen, daß es im südlichsten Teil der Böhmisches Masse in den Strukturen der Richtung Krusne Hory zu linksseitigen Bewegungen kann, während es bei den Strukturen Richtung Sudeten zu rechtsseitigen Bewegungen kam.

Auf der Baustelle Temelin wurden im Rahmen ingenieur-geologischer Untersuchungen drei Systeme von Diskontinuität lokaler Bedeutung beobachtet. Es überwiegen Diskontinuitäten von grob nord-südlicher Ausrichtung. Sie sind fast vertikal, ungerade und verklemmt, ausschließlich an stabile Granitlagen gebunden (es kam auf ihnen zum Ausgleich der Spannung in den umliegenden Gneiskomplexen). Deren Tiefenausmaß ist beschränkt, in der Regel übertrifft es keine 20 km. Die Breite dieser Diskontinuitäten, die durch eine detaillierte Untersuchung der Bauplatzes zwischen Reaktorhalle zwei und drei untersucht wurden, überschreitet 10 m nicht und deren ungünstigen geomechanischen Eigenschaften in Richtung Unterlage verbessern sich und das noch über der Kote 500 m, wo die Fundamentfugen der Reaktorhallen errichtet wurden. Durch die ergänzenden geophysikalischen Untersuchungen wurde im nördlichen Vorfeld das KKW, außerhalb des Areals, Störungen in NO-SW Richtung festgestellt (Anton J., Peroutka 1995). Eine bedeutendere Störung wurde in einer Länge von ca. 1500 mit einer Breite von einigen Dutzend Metern im nordöstlichen, bis zu 100 Metern im süd-westlichen Teil festgestellt. Gerade diese Störung ist Teil des Systems der parallelen Diskontinuitäten (in NO-SW Richtung mit Neigung in NW), die für die Gesteinsstruktur auf der Baustelle des KKW charakteristisch sind. In den gekörnten Zonen der größten festgestellten Störung wurden einige Meter von Sand und grobem Material von Gneisen, Quarziten und Pegmatiten festgestellt. Die weiteren tektonischen Linien hatten eine geringere Breite und wurden bei einer geringeren Entfernung beobachtet.

Das nächste tektonische System stimmt mit der Foliation des Gneiskomplexes überein. Dessen Flächen der Nichtverbindung sind verklemmt, die Störung des umliegenden Gesteins ist weniger deutlich und hat einen geringeren Umfang als bei den radialen Dislokationen. Diese Diskontinuitäten sind meist an Einlagen rigiden Gesteins gebunden. Deren schiefer Verlauf (40-60°) ist die Ursache für das lokale Auftreten von verwitterten Lagen auch in Zonen mit leicht angewitterten oder auch gesundem Gestein.

Das dritte System der Dislokation hat die Richtung NW-SO. Es kommt im Bereich des Baustelle nicht zur Geltung.

Besondere Aufmerksamkeit der Fach – und Laienöffentlichkeit erweckten in letzter Zeit zwei Erdbeben, deren makroskopischen Auswirkungen durch die Bevölkerung verzeichnet wurden. Beide Erdbeben sind auch deshalb wichtig, weil für sie mit dem

Akzelerometer auf der seismologischen Station Struha, ca. 4 km südöstlich vom KKW, Werte der Frequenzbeschleunigung der Erdoberfläche gemessen wurden.

Alle seismologischen Stationen des Temelin-Netzes registrierten am Dienstag 11.7.2000 um 4 50 Lokalzeit die Hauptstöße des Bebens mit dem Epizentrum in Niederösterreich bei Ebreichsdorf, ca. 25 südlich von Wien. Die lokale Magnitude des Erdbebens, die von der Registration des Temelinnetzes bestimmt wurde, betrug 4,8. Die Höchstwert der Bodenbewegung am Standort Temelin betrug 13 Mikrometer bei einer überwiegenden Frequenz von 4 Hz. Der Höchstwert der Bodenbeschleunigung, gemessen bei der Erdoberfläche vom Akzelerometer auf einer vertikalen Komponente betrug  $8 \cdot 10^{-3}$  m/s, was 0,08% der Erdschwerkraftbeschleunigung beträgt. Das Frequenzniveau der Erdoberfläche, das durch das Erdbeben bei Ebreichsdorf am 11.7.2000 hervorgerufen wurde, lag weit unter dem Sicherheitsbereich. Das KKW Temelin ist als erdbebenresistente Konstruktion für eine Spitzenbeschleunigung auf Terrainebene von 0,07 g (7%) in der Vertikalkomponente ausgelegt.

Von allen seismologischen Stationen des Temelin-Netzes wurde am Sonntag 12.4.1998 um 12 h 56 Min. der Hauptstoß des slowenischen Erdbebens mit Epizentrum bei Kobarid, 75 km nordwestlich von Laibach gemessen. Die lokale Magnitude des Erdbebens betrug  $M_l = 5,5$ . Die Höchstwert der Bodenbewegung am Standort Temelin betrug 8,9 Mikrometer bei einer überwiegenden Frequenz von 1,8 Hz. Der Höchstwert der Bodenbeschleunigung, gemessen bei der Erdoberfläche vom Akzelerometer betrug  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s, was 0,02% der Erdschwerkraftbeschleunigung beträgt. Das Frequenzniveau der Erdoberfläche, das durch dieses Erdbeben hervorgerufen wurde, lag weit unter dem Sicherheitsbereich. Das KKW Temelin ist als erdbebenresistente Konstruktion für eine Spitzenbeschleunigung auf Terrainebene von 0,07 g (7%) in der Vertikalkomponente ausgelegt.