



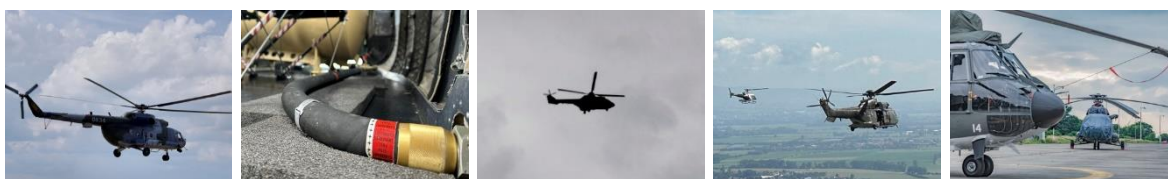
Cristina Poretti, Adrian Hess, Gerald Scharding  
07. Juni 2024

# Aeroradiometrie-Messkampagne 2024

vom 29. Mai bis 07. Juni 2024

## Übungsbericht und Messresultate

Rev. 1.1



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Übung Aeroradiometrie 2024.....</b>	<b>4</b>
2.1	Allgemeine Ziele des Aeroradiometrie-Teams.....	4
2.2	Messflüge in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen.....	4
2.3	Internationale Messkampagne gemeinsam mit ARM-Teams aus Tschechien und Frankreich vom 03. bis 07. Juni 2024 .....	4
2.4	Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden.....	5
2.5	Wissenschaftlicher Bericht.....	6
2.6	Beteiligte Partnerorganisationen .....	6
<b>3</b>	<b>Messresultate der Messkampagne in der Schweiz.....</b>	<b>7</b>
3.1	Standardmessprogramm um die Kernanlagen KKL, KKB, PSI und ZWILAG .....	7
<b>4</b>	<b>Messresultate der internationalen Messkampagne in Tschechien (AGC24) .....</b>	<b>12</b>
4.1	Task I: Referenzgebiet in Vyškov .....	12
4.2	Task II: Messgebiet in Vysočina.....	15
4.3	Task IV: Messgebiet in Libavá .....	21
4.4	Task III: Messgebiet in Opavsko.....	26
<b>5</b>	<b>Erkenntnisse.....</b>	<b>32</b>
<b>Anhang A:</b>	<b>Aeroradiometrie allgemein .....</b>	<b>33</b>

## 1 Zusammenfassung

Für die jährliche Aeroradiometrie-Messkampagne wurde 2024 vom gewohnten Modus abgewichen. Anstelle des üblichen Wochenprogramms mit einem Standardmessprogramm um Schweizer Kernanlagen, der radiologischen Kartierung bewohnter Gebiete und einigen herausfordernden Flügen mit besonderem Erkenntnisgewinn und Trainingseffekt wurden die Flüge innerhalb der Schweiz dieses Jahr auf ein Minimum reduziert, um möglichst viel Flugzeit für eine anschliessende internationale Messkampagne zur Verfügung zu haben.

Die Messflüge in der Schweiz fanden am Mittwoch 29. und Freitag 31. Mai statt und beschränkten sich auf das Standardmessprogramm in der Umgebung der Kernkraftwerke Beznau (KKB), Leibstadt (KKL), in dem sich auch das Paul Scherrer Institut (PSI) und das zentrale Zwischenlager für Radioaktive Abfälle (Zwilag) befinden. Aufgrund ungünstiger Wetterverhältnisse musste auch das Standardmessprogramm reduziert geflogen werden, priorisiert wurden diejenigen Fluglinien in unmittelbarer Nähe zu den Kernanlagen.

Die internationale Messkampagne fand in der Folgeweche von Montag 3. bis Freitag 7. Juni in Tschechien statt, gemeinsam mit je einem Team des tschechischen Strahlenschutz-Instituts SÚRO und der französischen Strahlenschutz- und Nuklearsicherheitsbehörde IRSN. Im Rahmen dieser gemeinsamen Übung in der Umgebung der tschechischen Stadt Přerov wurden die Systeme und Messstrategien der teilnehmenden Teams verglichen und die Zusammenarbeit für den Ereignisfall geübt. Die Kampagne bot ausserdem Gelegenheit, gegenseitig von den Erfahrungen der anderen Teilnehmer zu profitieren und sich persönlich kennenzulernen.

### Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2024:

1. Im Rahmen der internationalen Übung in Přerov (Tschechien) wurde die Zusammenarbeit mit ausländischen Teams erfolgreich trainiert. Dies umfasste auch die Auftragserteilung durch eine externe Stelle und die Koordination der Flüge mit Partnern, um grosse Messgebiete effizient aufzuteilen. Die Systeme wurden gleichzeitig und koordiniert eingesetzt und die verlangten Messdaten zeitgerecht erhoben.
2. Die internationale Übung bot Gelegenheit, Gebiete mit erhöhter Radioaktivität zu vermessen.
3. Die Kampagne in Tschechien umfasste auch eine Quellensuche mit einer Gebietsgrenze, die nicht überflogen werden durfte. Die ausgelegten Quellen wurden lokalisiert, die Radionuklide identifiziert und die Operatoren konnten die Piloten anweisen, die gefundenen Quellen mehrfach in verschiedenen Richtungen zu überfliegen, was eine genaue Lokalisation ermöglichte.
4. Der internationale Austausch brachte den beteiligten Messteams einen grossen Mehrwert. Die Kenntnisse über Einsatzdoktrin, Fähigkeiten und Ausrüstung der befreundeten internationalen Einsatzkräfte wurden verbessert und die persönlichen Kontakte vertieft.
5. Die wichtigsten Kontrollmessungen in Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) in der Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt konnten durchgeführt werden. Ausserhalb der Betriebsareale wurde keine gegenüber dem natürlichen Untergrund erhöhte Radioaktivität festgestellt. Im Vergleich mit den Messresultaten der Vorjahre wurden keine Veränderungen beobachtet.
6. Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

## **2 Übung Aeroradiometrie 2024**

Die diesjährigen Messflüge fanden am 29. und 31. Mai in der Schweiz und vom 03. bis 07. Juni in Tschechien statt, letztere im Rahmen der Teilnahme an einer internationalen Messkampagne, gemeinsam mit ARM-Teams aus Tschechien und Frankreich. Für die Schweizer Messflüge diente der Flugplatz Dübendorf, für die Flüge in Tschechien der Militärflugplatz in Přerov (CZE) als Start- und Landebasis.

### **2.1 Allgemeine Ziele des Aeroradiometrie-Teams**

Folgende grundsätzlichen Ziele sollten in der Messwoche erreicht werden:

- Zeitgerechter Einbau und zeitgerechtes Erstellen der Einsatzbereitschaft des Messsystems.
- Training der für einen Einsatz notwendigen Kenntnisse bezüglich:
  - Vorbereitung eines Einsatzes
  - Ad-hoc Verschiebung des ARM-Auswertungsteams zum Einsatzort
  - Bedienung der Geräte im Einsatz
  - Auswertung und Interpretation der Resultate vor Ort
  - Training der Piloten für den Aeroradiometrie-Einsatz
- Training der Kommunikation zwischen Piloten und Messequipe (bspw. Instruktion der Piloten durch die Operatoren).
- Darstellung der Messresultate: Zusammenstellung und Interpretation der Resultate innert zwei Stunden nach dem Messflug.
- Verbesserung und Festigung der Kenntnisse für den Betrieb des durch die NAZ eingesetzten Aeroradiometrie-Systems.
- Überprüfung und Aktualisierung der Einsatzdokumentation.

### **2.2 Messflüge in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen**

Die Schweizer Kernanlagen werden im Auftrag des ENSI im Zweijahresrhythmus aeroradiometrisch untersucht. Turnusgemäss wurde dieses Jahr die Umgebung der Anlagen KKB, KKL, PSI und Zwiilag vermessen.

### **2.3 Internationale Messkampagne gemeinsam mit ARM-Teams aus Tschechien und Frankreich vom 03. bis 07. Juni 2024**

7 Jahre nach der letzten internationalen Aeroradiometrie-Übung mit Messteams aus Deutschland, Frankreich und Tschechien in der Schweiz und 9 Jahre nach derjenigen in Deutschland konnte das Schweizer Team wieder an einer internationalen Messkampagne teilnehmen, diesmal in Tschechien. Die übergeordneten Ziele der Messwoche waren:

- Training der für einen Einsatz notwendigen Kenntnisse
- Erfahrungsaustausch unter internationalen Partnern
- Training von internationalen Messeinsätzen, insbesondere
  - Koordination der Messflüge in einem gemeinsamen Gebiet
  - Gemeinsame Quellensuche
  - Datenaustausch und -abgleich unter den Teams

Im Rahmen der Messübung mussten vier Tasks in verschiedenen Messgebieten absolviert werden, bei denen verschiedene Aspekte der Zusammenarbeit und der Messtechnik trainiert wurden:

- zwei Vergleichsmessungen in Referenzgebieten
- Suche von Anomalien und Quellensuche
- Messung eines interessanten Gebietes mit uranreichem Untergrund und Oberfläche
- Composite Mapping, also Aufteilung eines grossen Gebietes in durch die einzelnen Teams vermessene Bereiche mit dem Ziel einer gemeinsamen zusammengesetzten Messkarte.

Mit Ausnahme des Composite Mappings hatten alle Teams dieselben Gebiete zu vermessen. Es gab Messaufträge, bei denen alle Flugparameter durch die Übungsleitung vorgegeben wurden. In anderen Flügen gab es keine Vorgaben. In diesen Fällen sprachen sich die Teams gegenseitig ab und jedes Team wählte jeweils einen geeigneten Ansatz, um den Eigenschaften und Stärken des eigenen Helikopters gerecht zu werden und im vorgegebenen Zeitrahmen bestmögliche Resultate zu erzielen.

Mit dem Composite Mapping musste ein Gebiet von rund 220 km<sup>2</sup> innerhalb 3.5 h vermessen werden. Im Vordergrund stand die Aufteilung des Gebiets und die Koordination der Messflüge. Die Fähigkeit des Zusammenführens der Messresultate («Composite Mapping») zwecks gemeinsamer Kartierung eines übergeordneten Gebietes ist im Ereignisfall von grosser Bedeutung und stellt daher einen Hauptbestandteil solcher internationalen Messkampagnen dar.

Eine detaillierte Analyse Resultate wird im Nachgang der Messkampagnen erfolgen. Diese wird eine wissenschaftliche Auswertung und Vergleiche der Resultate umfassen. Ausserdem sollen Erkenntnisse über die Kompatibilität der Messsysteme und -daten gewonnen werden.

## **2.4 Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden**

### **2.4.1 Messflüge in der Schweiz**

Aufgrund der Lärmemissionen des Messhelikopters wurde Wert auf eine umfassende Vorabinformation der Bevölkerung gelegt. Dazu wurden die Behörden aller betroffenen Schweizer Gemeinden sowie die Kantonspolizei der betroffenen Kantone schriftlich über die bevorstehenden Flüge orientiert und gebeten, bei allfälligen Fragen aus der Bevölkerung auf die Nationale Alarmzentrale zu verweisen.

In einer Medienmitteilung wurden am 22. Mai die Messflüge angekündigt. Partner und Behörden wurden vorab aktiv informiert.

Während der Messwoche wurden zudem Informationsmeldungen über die [Alertswiss](#)-Kanäle des BABS abgesetzt und via Social Media begleitet. Der Flugplan wurde zudem auf der NAZ-Website aufgeschaltet.

Diverse Anfragen von Behörden, Medien und aus der Bevölkerung wurden vor und während der Messwoche beantwortet.

### **2.4.2 Internationale Übung in Tschechien**

Die Information über die internationale Übung in Tschechien erfolgte durch die tschechischen Organisatoren an die lokalen Behörden. Am ersten Tag der Übung wurden ausserdem lokale Medien zu einem Informationsanlass eingeladen. Während die Messflüge in der Schweiz zumeist über bewohntem Gebiet erfolgen, fanden diejenigen in Tschechien grossteils über unbewohntem Militärgelände statt. Entsprechend hatten sie kaum Lärmbelästigung oder

Verunsicherung der Bevölkerung zur Folge und die Information hatte daher nicht denselben Stellenwert.

## **2.5 Wissenschaftlicher Bericht**

Das PSI wird voraussichtlich bis Ende Jahr einen detaillierten wissenschaftlichen Bericht publizieren.

## **2.6 Beteiligte Partnerorganisationen**

Folgende Organisationen waren in die Vorbereitung und Durchführung des Standardmessprogramms um die Schweizer Kernanlagen KKL, KKB, PSI und Zwiilag und der internationalen Übung in Tschechien involviert:

- Nationale Alarmzentrale (NAZ) und Stab Bundesrat NAZ
- Kompetenzzentrum ABC-KAMIR
- Schweizer Luftwaffe (LW)
- Paul Scherrer Institut (PSI)
- Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI)
- Tschechisches Team: Nationales Strahlenschutzinstitut – SÚRO
- Französisches Team: Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN, unterstützt durch Vertreter des U.S. Department of Energy (USA)
- Deutsches Team: Bundesamt für Strahlenschutz – BfS, Bundespolizei-Flugdienst – BPOLFLD.

Die Nationale Alarmzentrale und das Aeroradiometrie-Team danken allen Beteiligten für die gute Zusammenarbeit und den Kolleginnen und Kollegen des SÚRO für die Organisation der Übung.





### **3 Messresultate der Messkampagne in der Schweiz**

#### **3.1 Standardmessprogramm um die Kernanlagen KKL, KKB, PSI und ZWILAG**

Turnusgemäss wurde dieses Jahr die Umgebung der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau und der Kernanlagen PSI und Zwilag aeroradiometrisch vermessen. Das Standardmessprogramm wurde auf Wunsch der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (DSK) um ein grenznahe Gebiet auf deutschem Territorium ergänzt, das auch einige Quadratkilometer über Waldshut-Tiengen umfasst. Aufgrund des schlechten Flugwetters und der begrenzten zeitlichen Verfügbarkeit des Helikopters musste dieses Jahr auf die radiologische Vermessung dieser deutschen Bereiche verzichtet werden.

Beide Blöcke des Kernkraftwerks Beznau waren während des Messfluges in Betrieb, das Kernkraftwerk Leibstadt wurde am Freitag nach Abschluss der jährlichen Revision hochgefahren und in den Leistungsbetrieb überführt. Die Anlagen SLS und SwissFEL des PSI waren ebenfalls in Betrieb.

##### **3.1.1 KKL, KKB, PSI und Zwilag: Angaben zum Messflug**

Datum / Zeit:	29.05.2024, 15:24 – 16:30 h und 31.05.2024, 08:47 – 10:53 h
Fluglinien:	Linienabstand 250 m, 36 Linien
Flugdauer:	3h 12min
Fluggebiet:	ca. 115 km <sup>2</sup> in der Umgebung von KKL, KKB, PSI und ZWILAG
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

##### **3.1.2 KKL, KKB, PSI und Zwilag: Ortsdosisleistung**

###### Ausserhalb der Betriebsareale der Kernanlagen:

Die Karte der Ortsdosisleistung (ODL) in Abbildung 1 zeigt keine Auffälligkeiten ausserhalb der Betriebsareale der Kernanlagen KKL, KKB, PSI und Zwilag. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

In der Umgebung von Mandach gibt es eine bekannte natürliche Thorium-Anomalie. Die Thoriumkonzentration im Boden liegt dort über dem Schweizer Durchschnitt. Der Beitrag der aus diesem Thorium stammenden Strahlung zur Ortsdosisleistung ist sehr klein und auf der ODL-Karte in Abbildung 5 knapp zu erkennen.

Der Vergleich mit den Resultaten aus früheren Messungen in der Umgebung der Kernanlagen KKB, KKL, PSI und Zwilag zeigte keine signifikanten Unterschiede.

###### Innerhalb der Betriebsareale:

Das Kernkraftwerk Leibstadt befand sich während des Messfluges am Freitag nach der Jahresrevision im Anfahrprozess, bei ca. 25% der Leistung. Entsprechend ist zwar eine leicht erhöhte Ortsdosisleistung über dem Werk zu erkennen, vornehmlich bedingt durch Annihilationsstrahlung. Ein geringer Anteil der ODL dürfte zudem durch Stickstoff N-16 verursacht sein. Dieser kann bei im Leistungsbetrieb befindlichen Siedewasserreaktoren gemessen werden, weil im Wasser enthaltener Sauerstoff im Reaktor teilweise zu N-16 aktiviert anschliessend im wenig abgeschirmten Maschinenhaus wieder zu Sauerstoff zerfällt. Der Effekt fällt aber deutlich geringer aus als in anderen Jahren bei Vollastbetrieb beobachtet.

## Standardmessprogramm Beznau und Leibstadt

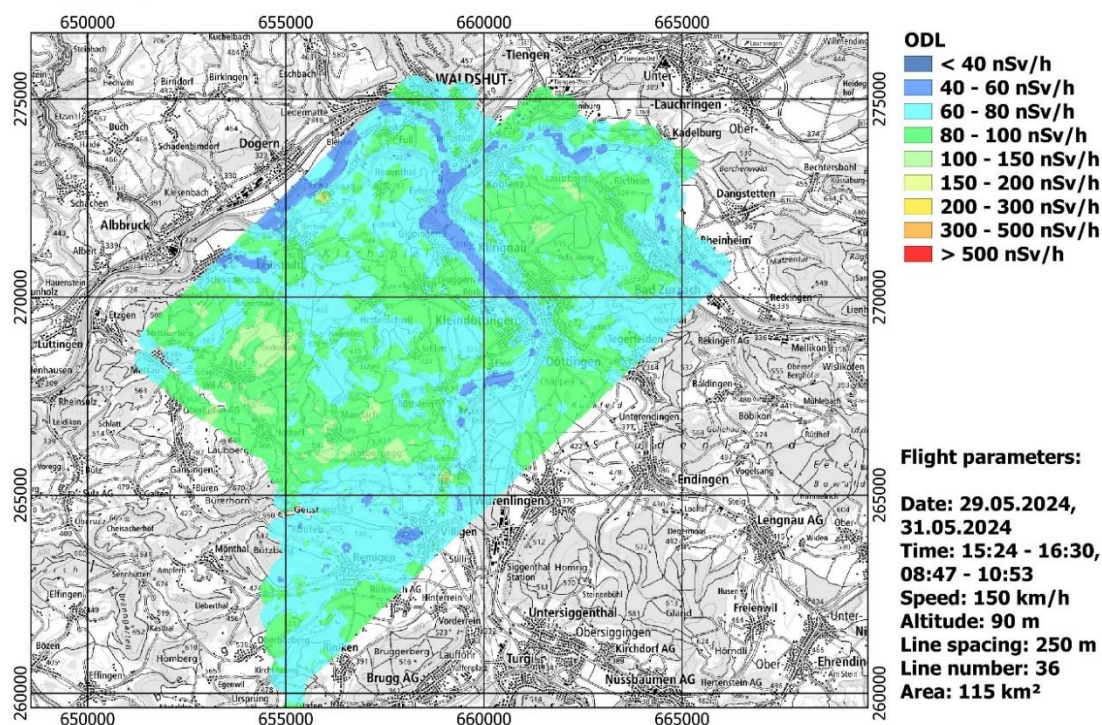


Abbildung 1: Karte der ODL in der Umgebung der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau und der Kernanlagen PSI und Zwiilag.

Aus den Kernreaktoren aller Werke ist aufgrund der dicken Schutzhülle des Reaktorgebäudes keine Gammastrahlung messbar.

Über dem Fortluftkamin Nord des Paul Scherrer Instituts ist eine leicht erhöhte Dosisleistung zu erkennen, bedingt durch kurzlebige Radionuklide, die das PSI im Rahmen der Bewilligung bilanziert abgeben darf.

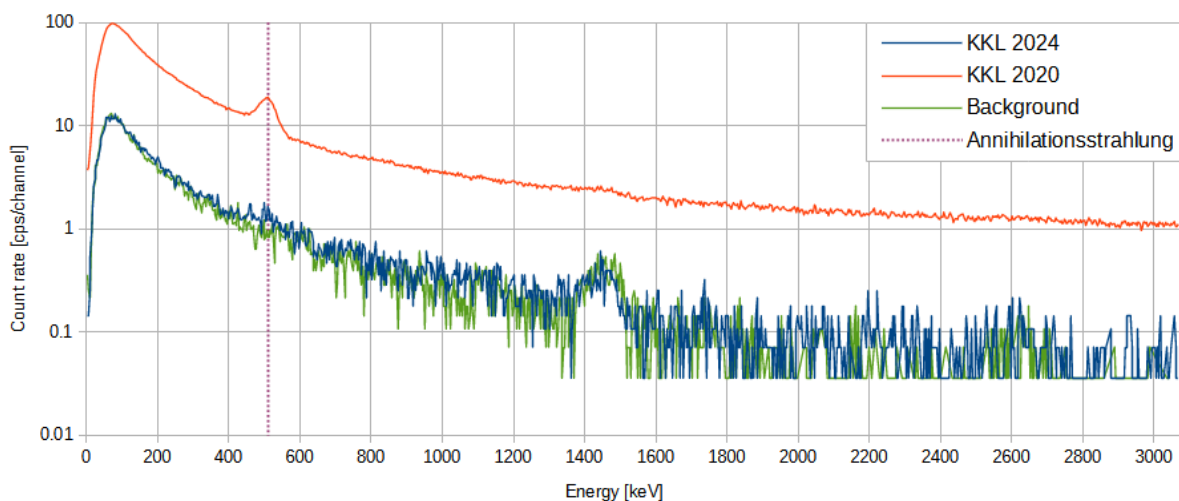


Abbildung 2: Gammaspektrum, gemittelt aus einigen Messpunkten mit erhöhter ODL beim KKL. Etwas Annihilationsstrahlung ist beim Energiewert von 511 keV knapp zu erkennen. Im Vergleich dazu das Spektrum, das 2020 aufgezeichnet wurde, als das Werk zuletzt bei Lastbetrieb überflogen wurde.



Das Gammaskpektrum in Abbildung 2 wurde aus einigen Messpunkten mit erhöhter ODL beim Kernkraftwerk Leibstadt erzeugt. Bei 511 keV lässt sich etwas Annihilationsstrahlung erahnen. Als 2020 das Werk zuletzt im Lastbetrieb überflogen wurde, war dieser Peak deutlich ausgeprägter.

### 3.1.3 KKL, KKB, PSI und ZWILAG: MMGC-Verhältnis

In der Karte in Abbildung 3 wird das Verhältnis vom niederenergetischen zum hochenergetischen Anteil des Strahlenspektrums dargestellt. Weil die künstlich erzeugten Radionuklide meist  $\gamma$ -Strahlung niedriger Energie erzeugen, ist dieser Wert in vielen Fällen ein Indikator für das ungefähre Verhältnis von künstlicher («man made») zu natürlicher Strahlung und wird als «Man made gross count (MMGC)» bezeichnet.

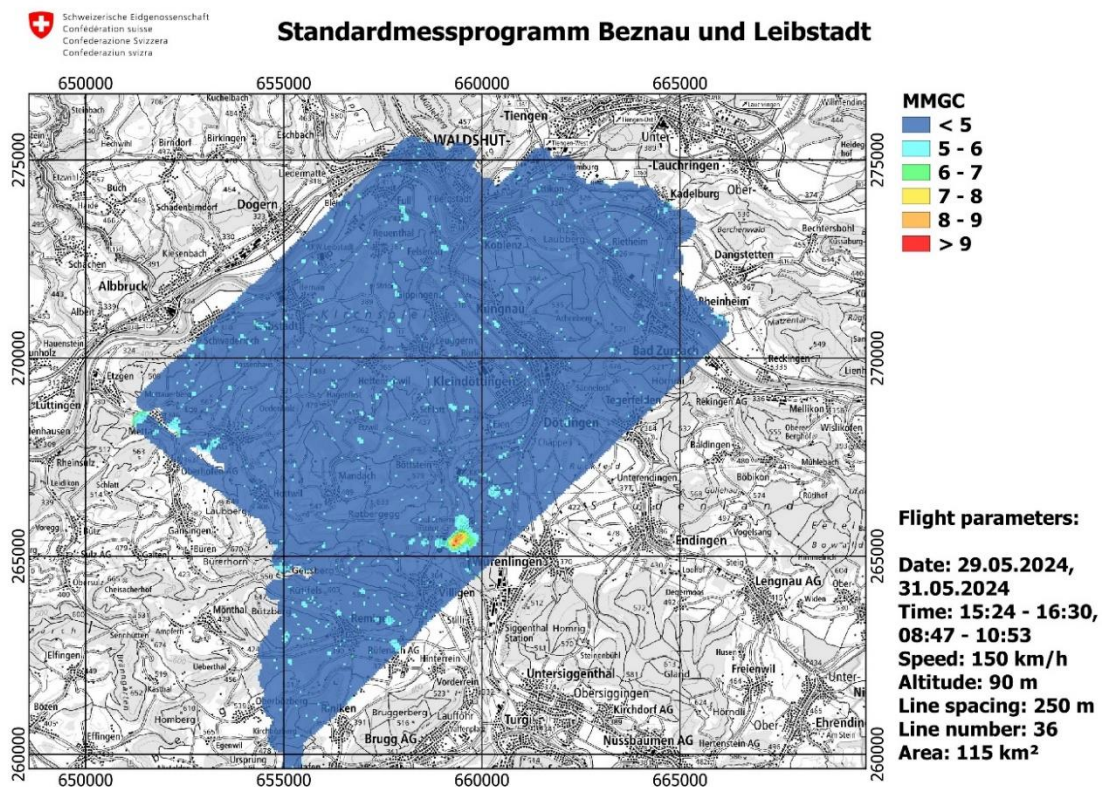


Abbildung 3: Karte des MMGC-Verhältnisses in der Umgebung der Kernanlagen KKB, KKL, PSI und Zwiilag.

Weder innerhalb der Betriebsareale noch in den direkten Umgebungen der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau wurden Auffälligkeiten festgestellt, die auf künstliche Radioaktivität hinweisen. Selbst wenn der oben erwähnte Effekt mit dem Zerfall des im Reaktor entstandenen N-16 ausgeprägt gewesen wäre, hätte dies kein höheres MMGC-Verhältnis zur Folge gehabt, da N-16 im Gegensatz zu vielen anderen relevanten künstlichen Radionukliden eine hochenergetische Strahlung erzeugt.

Am Paul Scherrer Institut ist in der MMGC-Karte ein Bereich mit höheren Werten zu erkennen. Dieser liegt etwas weiter östlich als der oben erwähnte Fortluftkamin. Im Gammaskpektrum in Abbildung 4 ist deutlich zu erkennen, dass der Grund dafür in der Annihilationsstrahlung bei 511 keV liegt, die in der Abluftfahne des Kamins auftritt. Dass das erhöhte MMGC-Verhältnis östlich des Fortluftkamins beobachtet wurde, deckt sich mit dem Umstand, dass gemäss

MeteoSchweiz zum Zeitpunkt des Messfluges schwacher Westwind aus Richtung 260° wehte, also mit Abwindrichtung Osten.

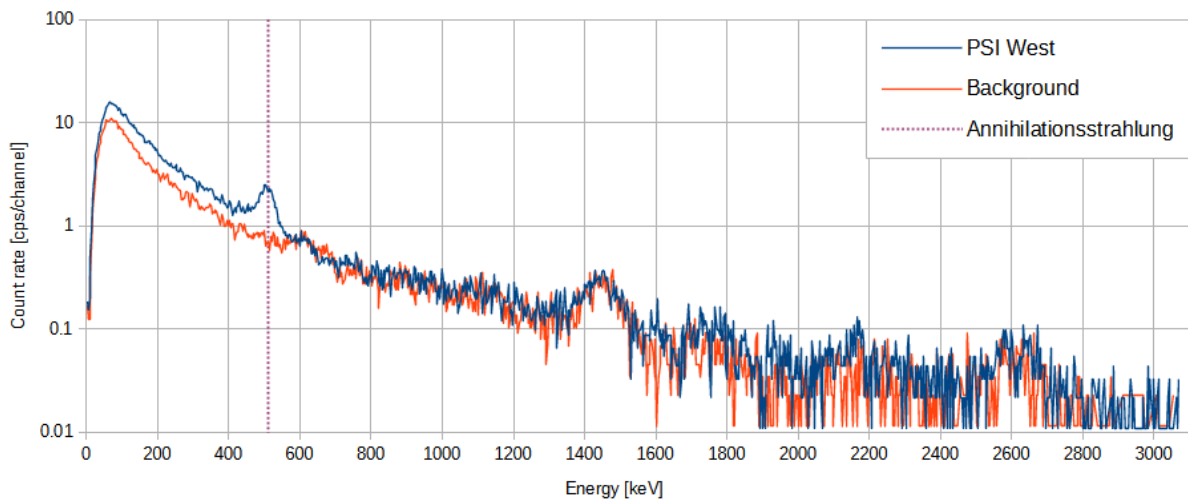


Abbildung 4: Flächenanalysen-Gammaspektrum aus dem Bereich mit erhöhter ODL beim Paul Scherrer Institut PSI, mit klar erkennbarem 511 keV-Peak aufgrund der Annihilationsstrahlung.

#### Erklärung: Annihilationsstrahlung aus der Abluft PSI West

In der Beschleunigeranlage des PSI West werden Teile der Umgebungsluft durch die vorhandene Neutronenstrahlung aktiviert. Diese Luft wird über die Lüftungsanlage in 30 m Höhe in die Umgebung abgegeben und zerfällt innerhalb von Minuten wieder in die ursprünglichen Bestandteile. Bei diesem Vorgang entsteht Annihilationsstrahlung.

Das Aeroradiometrie-Messsystem ist für am Boden befindliche Aktivität kalibriert. Wenn der Helikopter eine Wolke mit radioaktiven Bestandteilen durchfliegt, liegt die Quelle der Photonenstrahlung viel näher am Detektor. Dadurch wird die auf Bodenstrahlung hochgerechnete Aktivität stark überschätzt.



#### 3.1.4 KKL, KKB, PSI und ZWILAG: Thorium-232

Das nuklidspezifische Signal des Thorium-Isotopes Th-232 ist auf der Karte in Abbildung 5 dargestellt. Die in Abschnitt 3.1.2 erwähnte natürliche Thorium-Anomalie führt zu den erkennbaren Flächen in der Umgebung von Mandach, südwestlich von Böttstein. Typische Werte für die Th-232-Konzentration liegen in der Schweiz bei 20 bis 30 Bq/kg, in der Umgebung von Mandach erreicht sie Werte bis 75 Bq/kg (vgl. Wissenschaftlicher Bericht: PSI Bericht Nr. 15-02, ISSN 1019-0643, Seiten 8-11 und 20-23).



**Flight parameters:**

**Date: 29.05.2024,  
31.05.2024  
Time: 15:24 - 16:30,  
08:47 - 10:53  
Speed: 150 km/h  
Altitude: 90 m  
Line spacing: 250 m  
Line number: 36  
Area: 115 km<sup>2</sup>**

Abbildung 5: Th-232-Karte der Umgebung der Kernanlagen KKB, KKL, PSI und Zwiilag.



#### 4 Messresultate der internationalen Messkampagne in Tschechien (AGC24)

Von Montag 3. bis Freitag 7. Juni beteiligte sich das Schweizer ARM-Team in Tschechien an einer internationalen Messkampagne. Dabei trainierten Messequipen aus Tschechien, Frankreich, und der Schweiz gemeinsam. Als Flugbasis diente der Flugplatz in Přerov (CZE). Das Übungsprogramm umfasste zwei Vergleichsmessungen in Referenzgebieten, eine Quellensuche, die Messung eines interessanten Gebietes mit uranreichem Untergrund und Oberfläche und das Composite Mapping.

Das Programm wurde in vier Tasks («Task I bis IV») gegliedert, die während der Messwoche durch jedes der drei teilnehmenden Teams absolviert werden mussten. In Abbildung 6 sind die Standorte dieser Tasks und ihre relative Lage zum als rotes Dreieck markierten Basisflugplatz eingezeichnet.

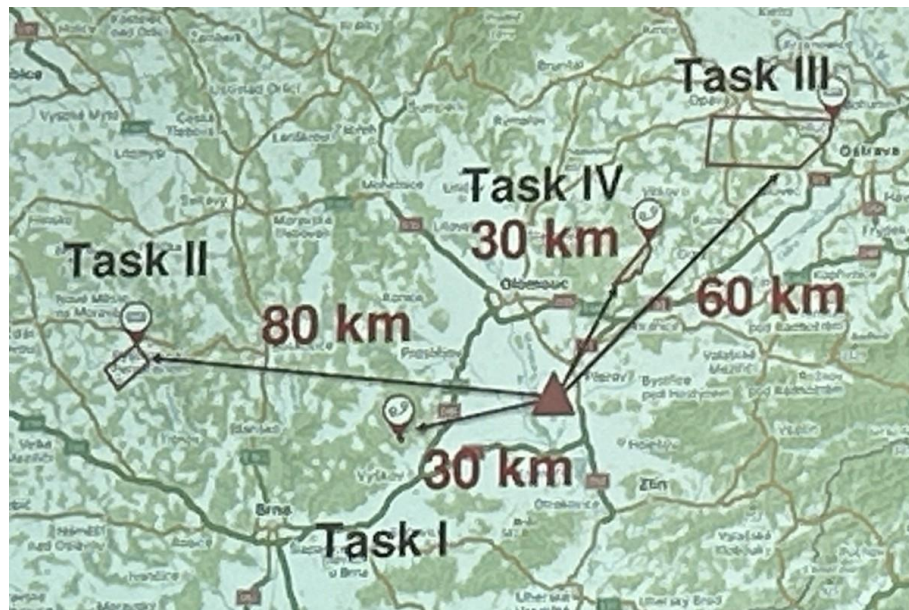


Abbildung 6: Übersichtskarte mit dem Flugplatz in Přerov (rotes Dreieck) und den Messgebieten für die Aufgaben «Task I bis IV».

##### 4.1 Task I: Referenzgebiet in Vyškov

Das Gebiet befindet sich ca. 30 km südwestlich von Přerov. Die zu messende Fläche betrug etwas mehr als 1 km<sup>2</sup>.

##### 4.1.1 Vorgaben der Übungsleitung

Flugzeit: gesamte Flugzeit im untersuchten Gebiet maximal 60 min

Aufgabe A: Flächenmessung

Flughöhe über Grund: Messung 1: 70 m / Messung 2: 140 m

Fluggeschwindigkeit und Fluglinienabstand frei wählbar

Aufgabe B: Schwebeflug über einem vorgegebenen Punkt

Flughöhe über Grund: Messung 1: 70 m / Messung 2: 140 m

Messzeit: 5 min pro Flughöhe

#### 4.1.2 Aufgabe A, Flächenmessung: Angaben zu den Messflügen

Datum / Zeit: 03.06.2024, 11:58 – 12:13 h (Flughöhe 70 m)  
12:23 – 12:36 h (Flughöhe 140 m)

Fluglinien: Linienabstand ca. 65 m, 14 Linien  
Es wurden zuerst 7 parallele Linien mit Abstand 125 m geflogen, anschliessend wurde zwischen den Linien manuell verdichtet.

Flugdauer: 15 min mit Flughöhe 70 m / 13 min mit Flughöhe 140 m

Fluggebiet: 1.6 km<sup>2</sup> mit Flughöhe 70 m / 2.1 km<sup>2</sup> mit Flughöhe 140 m

#### 4.1.3 Aufgabe A, Flächenmessung mit Flughöhe 70 m: Ortsdosisleistung

Die Karte der aus 70 m Flughöhe gemessenen Ortsdosisleistung (ODL) in Abbildung 7 zeigt keine Auffälligkeiten. Als dunkelrote Linie ist die Flugbahn eingezeichnet, der schwarze Punkt in der Mitte bezeichnet die Position an welcher der in Aufgabe B geforderte Schwebeflug erfolgte.

Die aus 140 m Flughöhe gemessenen ODL-Werte weichen nicht relevant von denen ab, die aus 70 m über Boden detektiert wurden. Sie sind daher nicht in einer eigenen Karte visualisiert.

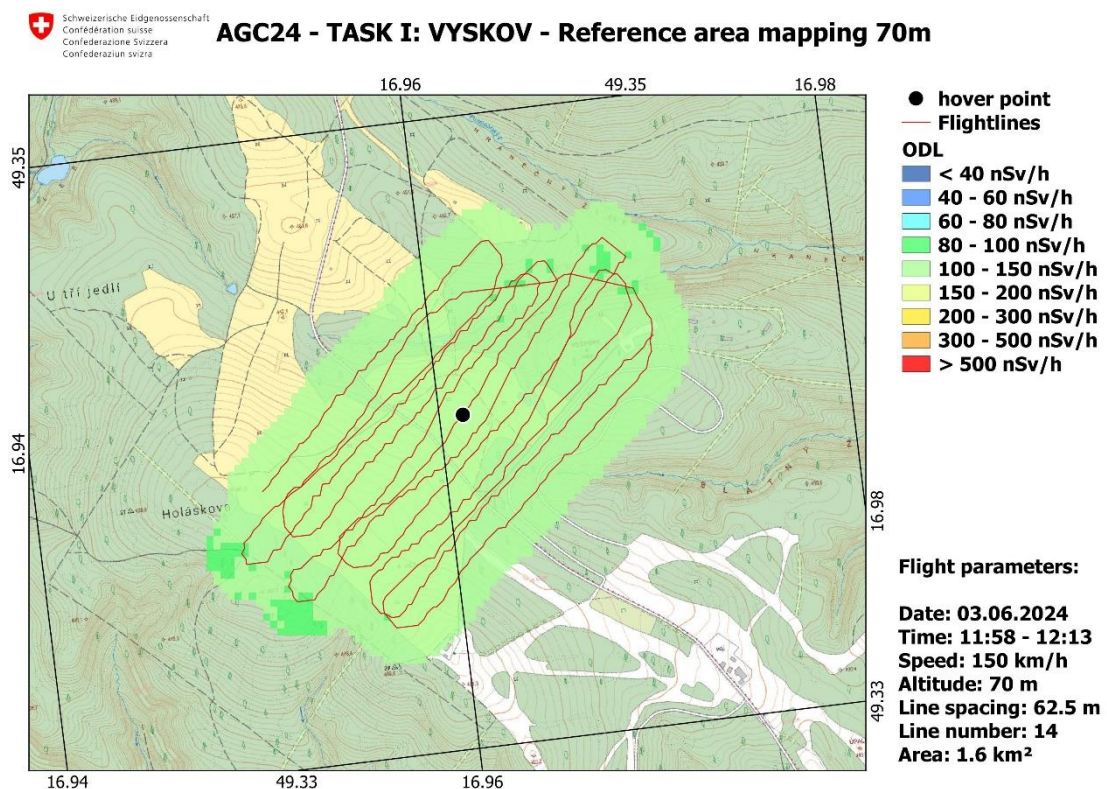


Abbildung 7: Karte der ODL im Messgebiet Vyškov, gemessen aus 70 m Flughöhe über Boden. Der schwarze Punkt in der Mitte des Gebiets zeigt den Standort, an dem der in Aufgabe B verlangte Schwebeflug erfolgte.



#### 4.1.4 Aufgabe A, Flächenmessung mit Flughöhe 70 m: Kalium K-40

In der K-40-Karte (Abbildung 8) sind die Werte unauffällig und im normalen Bereich. Gegenüber dem Grossteil der vermessenen Fläche geringfügig höhere Werte bis 600 Bq/kg wurden in der südlichen Ecke des Messgebietes erkannt.

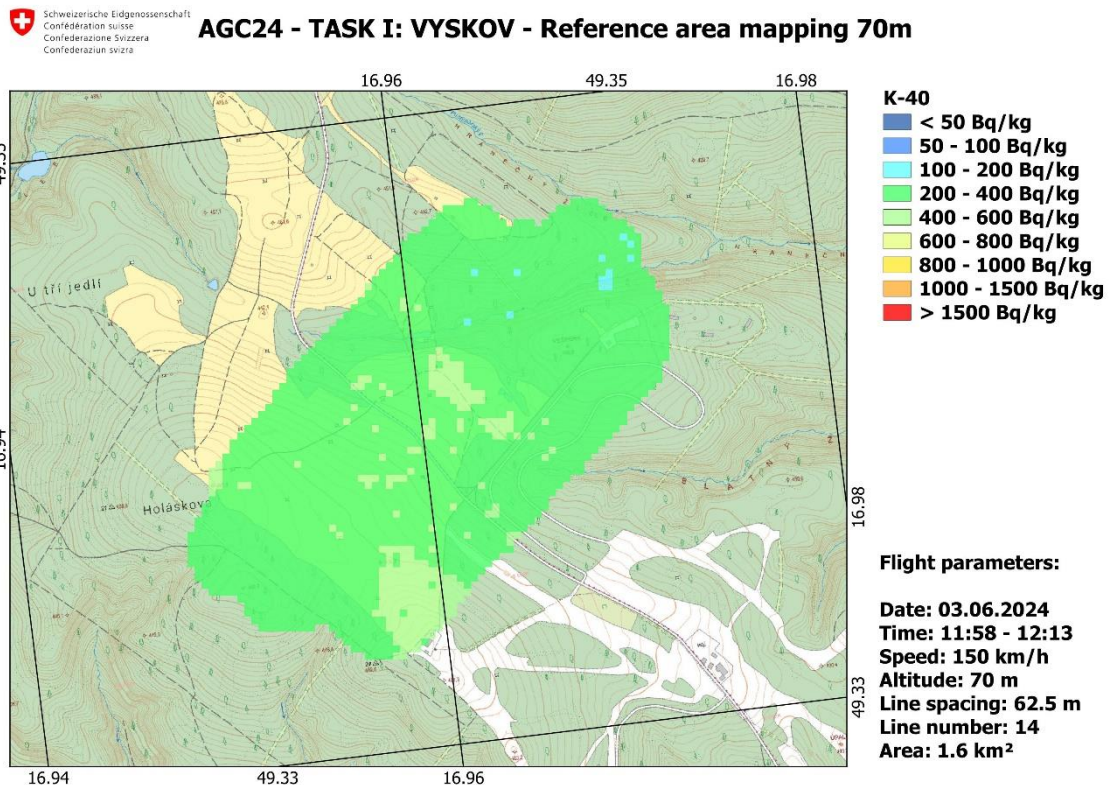


Abbildung 8: Kalium K-40-Karte im Messgebiet Vyškov.

#### 4.1.5 Aufgabe B, Schwebeflüge: Angaben zum Messflug

Schwebeflug am Punkt gemäss Karte in Abbildung 7, daher keine Fluglinien und kein Gebiet.

Datum / Zeit: 03.06.2024, 12:14 – 12:19 h (Flughöhe 70 m)  
12:37 – 12:42 h (Flughöhe 140 m)

Flugdauer: 5 min in Flughöhe 70 m / 5 min in Flughöhe 140 m

#### 4.1.6 Aufgabe B, Schwebeflüge: Spektrum

Am in Abbildung 7 bezeichneten Punkt wurde in 70 m und 140 m Flughöhe während jeweils 5 min je ein Schwebeflug durchgeführt. Die resultierenden Spektren sind in Abbildung 9 dargestellt. Das aus 70 m gemessene Spektrum lässt gegenüber dem Hintergrund leicht erhöhte Zählraten bei den Th-232-Energien 583 keV und 2614 keV erkennen. Das Spektrum in 140 m lässt sich weniger deutlich vom Hintergrundspektrum unterscheiden.

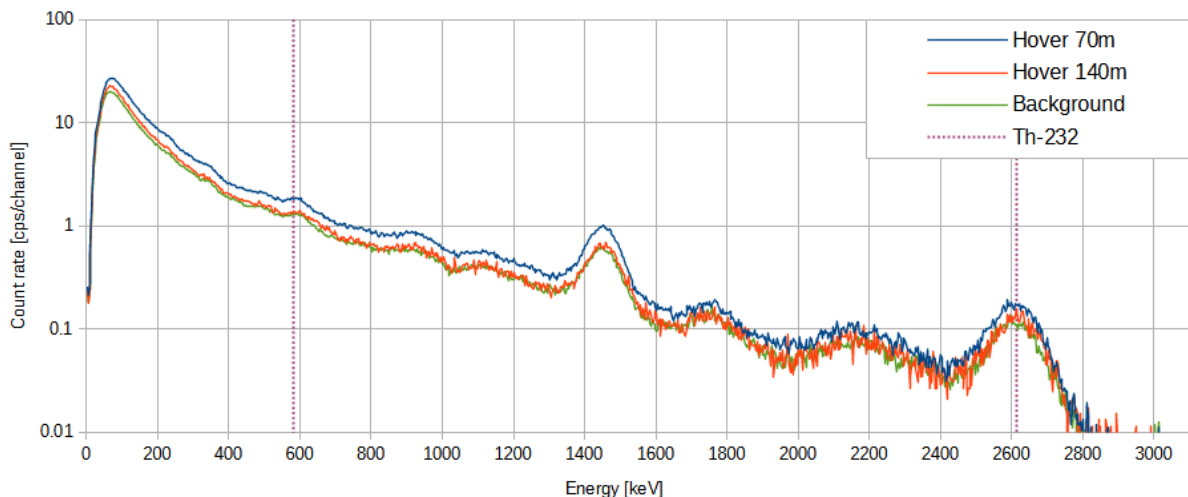


Abbildung 9: Gammaspektrum, aufgezeichnet am geforderten Punkt gemäß Aufgabenstellung in Task I, aufgezeichnet in 70 m und 140 m. Im Vergleich dazu ein Background-Spektrum.

## 4.2 Task II: Messgebiet in Vysočina

Das Gebiet befindet sich ca. 80 km westlich von Přerov. Die zu messende Fläche betrug etwas mehr als 23 km<sup>2</sup>.

### 4.2.1 Vorgaben der Übungsleitung

Flughöhe:	100 m
Fluggeschwindigkeit:	100 km/h
Fluglinienabstand:	frei wählbar
Messgebiet:	eingeteilt in 3 Zonen, davon: - 2 mit Priorität 1 - 1 mit Priorität 2
Flugzeit:	Flugzeit im untersuchten Gebiet maximal 90 min

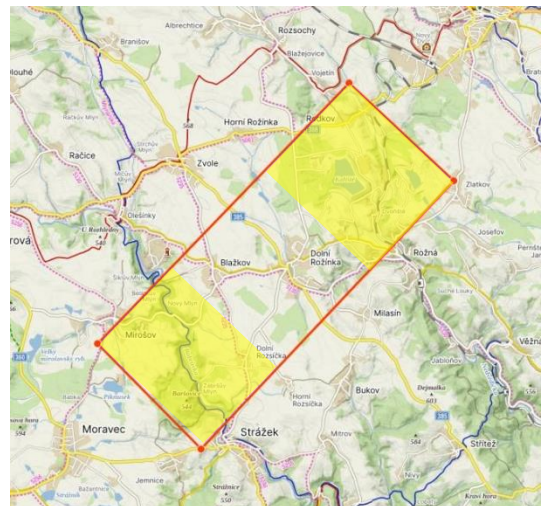


Abbildung 10: Messgebiet Vysočina; gelb markiert die höher priorisierten Zonen.  
Bildquelle: mapy.cz

### 4.2.2 Angaben zum Messflug

Datum / Zeit:	04.06.2024, 13:41 – 14:58 h
Fluglinien:	Linienabstand 250 m, 13 Linien längs und 13 Linien quer
Flugdauer:	1 h 17 min
Fluggebiet:	36 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m



Abbildung 11: Foto aus dem Helikopter, aufgenommen während des Messfluges bei Task II.

#### 4.2.3 Vysočina: Ortsdosisleistung

In Abbildung 12 sind erhöhte Messwerte im nördlichen Bereich des Messgebiets klar zu erkennen. Die Uranmine Rožná befindet sich in der nördlichen der beiden höher priorisierten Zonen des Messgebiets.

Abbildung 13 zeigt links diese nördliche Zone, rechts ein Satellitenbild dieses Bereiches um den Extraktionsschacht, die Tailings (Absetzbecken) und die chemische Weiterverarbeitungsanlage. Es wurden Dosisleistungen bis  $0.955 \mu\text{Sv/h}$  (Mikrosievert pro Stunde) gemessen.

Die beobachteten Variationen im Süden sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie sowie auf die Vegetation zurückzuführen. Der Vergleich mit der Kalium K-40-Karte in Abbildung 16 weiter unten zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen Bereichen mit tiefer ODL und jenen mit geringen K-40-Konzentrationen.

#### 4.2.4 Vysočina: Uran-238

Bei der Uranmine Rožná wurden erhöhte Uran U-238-Werte gemessen, wie Abbildung 14 gut zu erkennen ist. Es wurden Werte bis  $1422 \text{ Bq/kg}$  gemessen. Diese quantitativen Werte sind jedoch zu relativieren, da das System dafür konzipiert ist, grossflächige, homogen verteilte Kontamination zu detektieren.

Das in Abbildung 15 dargestellte Summenspektrum wurde im Bereich des Schachts R1 gemessen. Die Energie-Peaks von Blei Pb-214 und Bismut Bi-214 sind zu erkennen. Diese Nuklide sind Zerfallsprodukte und somit repräsentativ für Uran.

Leicht erhöhte Messwerte wurden auch in der weiteren Umgebung der Anlagebereiche der Mine gemessen. Die entsprechenden Bereiche liegen in der Nähe von Gebäuden, die wahrscheinlich in Zusammenhang mit den Minen stehen. Ein Teil dieser Gebäude befindet sich in der mittleren Zone, deren Vermessung tiefer priorisiert worden war.

In der südlichsten Zone, auch mit höherer Priorität vermessen, wurde kein Uran U-238 detektiert.



## AGC24 - TASK II: VYSOCINA

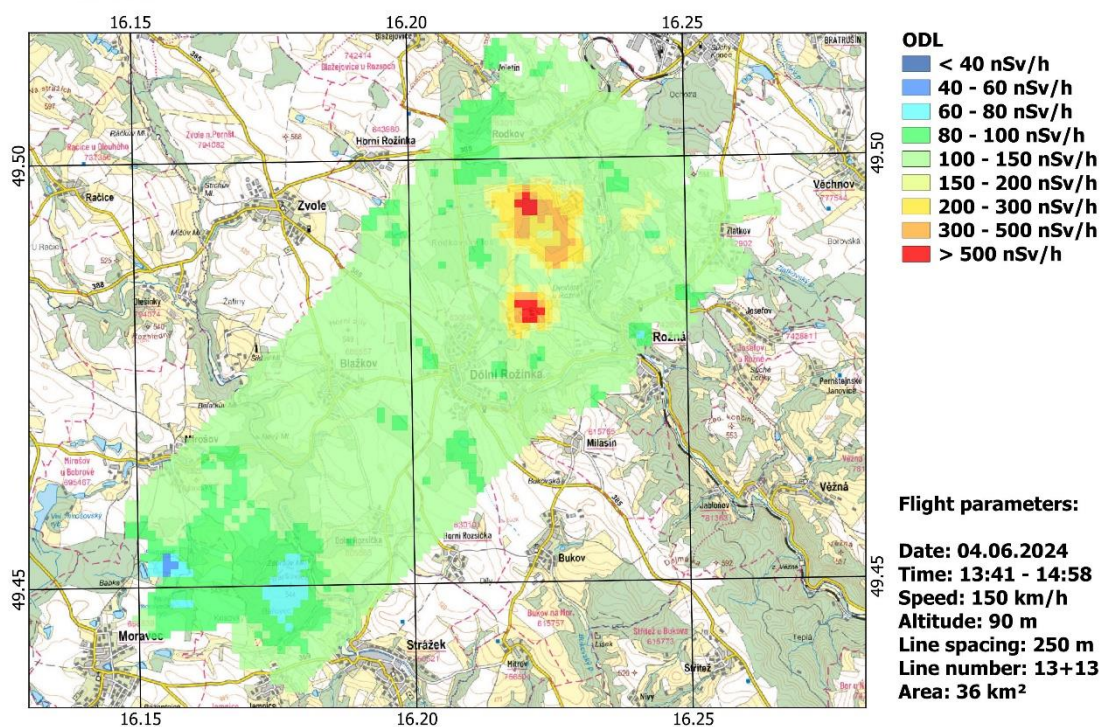


Abbildung 12: ODL-Messkarte des Messgebietes Vysočina.



Abbildung 13: Links: ODL-Karte der nördlichen der drei Zonen des Messgebiets.

Rechts: Satellitenbild dieses Bereiches mit den Anlagebereichen der Uranmine Rožná um den Extraktionsschacht, die Tailings (Absetzbecken) und die chemische Weiterverarbeitungsanlage.

## AGC24 - TASK II: VYSOCINA

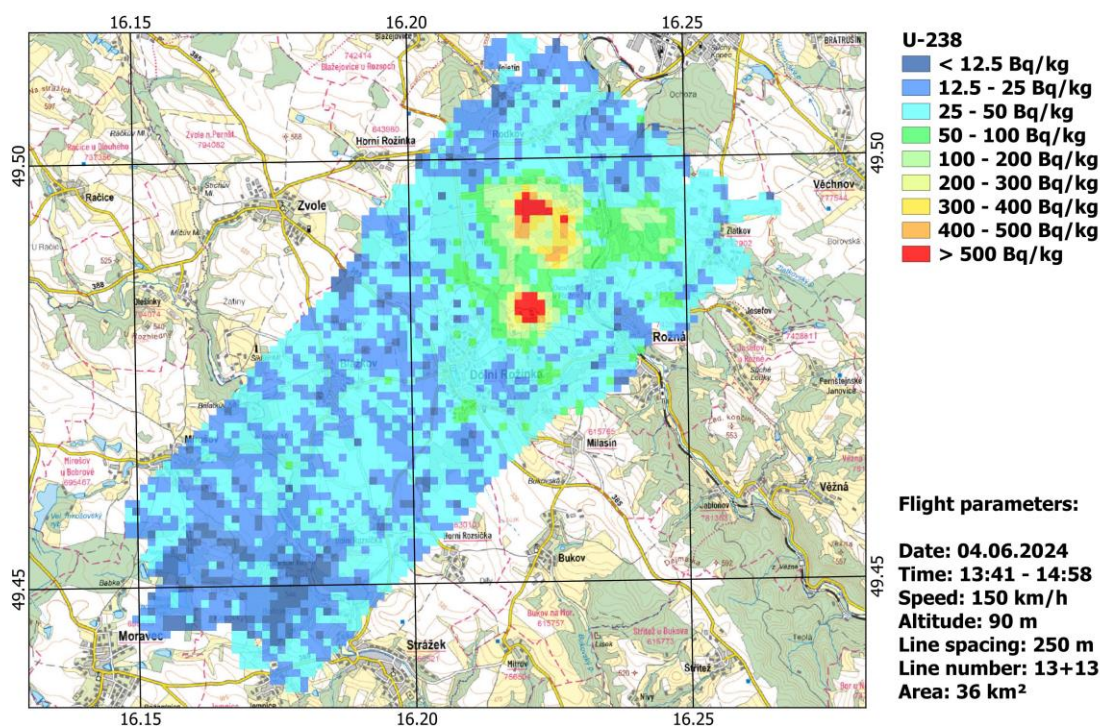


Abbildung 14: Uran U-238-Karte des Messgebietes Vysočina.

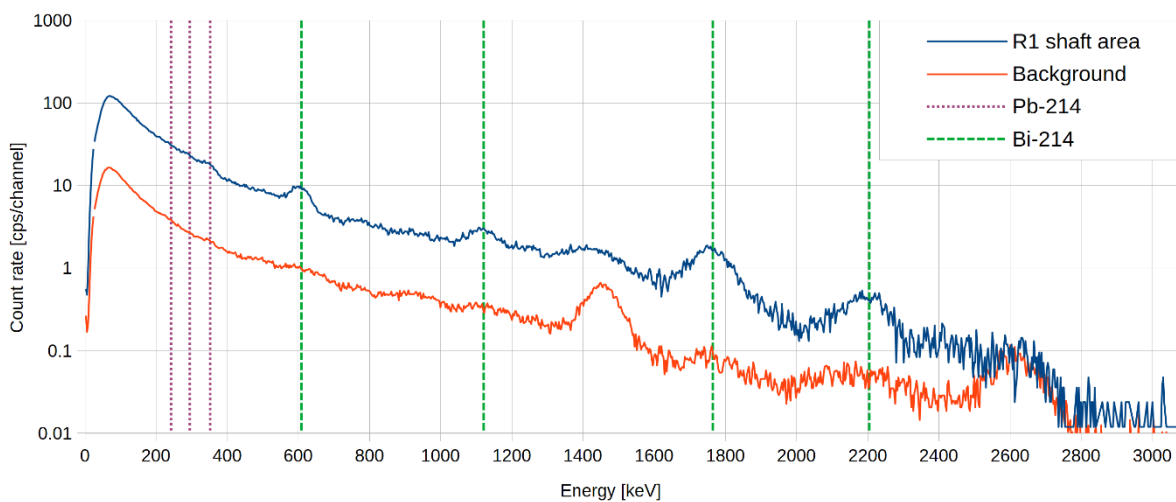


Abbildung 15: Summenspektrum bei der Uranmine Rožná (im Bereich des Schachts R1). Die Energie-Peaks der Uran-Zerfallsprodukte Blei Pb-214 und Bismut Bi-214 sind zu erkennen.



#### 4.2.5 Vysočina: Kalium K-40

Die gemessene Kalium K-40-Karte des Messgebietes Vysočina ist in Abbildung 16 dargestellt. Verschiedene Bereiche mit tieferen K-40-Werten wurden identifiziert. Die Bereiche im Norden sind auf künstliche Wasserflächen zurückzuführen, nämlich auf die Tailings der Mine. Im südlichen Teil des Messgebietes ganz im Westen befindet sich ein See und damit eine natürliche Wasserfläche.

Die grössere blaue Fläche östlich des Sees im Süden ist vermutlich ein Gebiet, in dem radioaktives Aushubmaterial aus der Mine abgedeckt wurde.

Die tieferen Kalium K-40-Werte im Süden des Messgebietes korrelieren mit den Bereichen mit tieferen ODL-Werten in Abbildung 12.

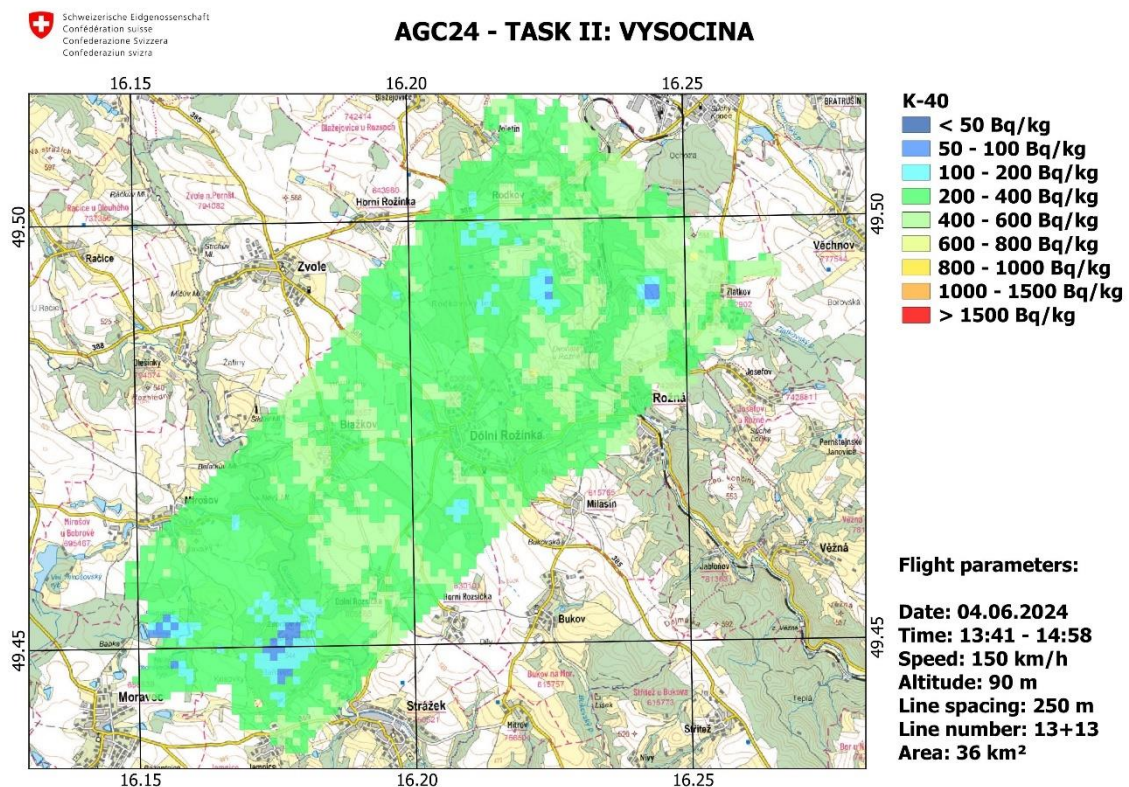


Abbildung 16: Kalium K-40-Karte des Messgebietes Vysočina.

#### 4.2.6 Vysočina: Cäsium Cs-137

Zusätzlich zu den natürlichen Radionukliden wurde im Bereich des Flusses Bobrůvka etwas Cäsium Cs-137 detektiert. Der Bereich ist in der Cs-137-Karte in Abbildung 17 rot markiert. Ein Gammaskpektrum aus diesem Bereich ist in Abbildung 18 dargestellt. Die Anzahl Counts unterhalb der Cs-137-Energie von 662 keV liegt etwas über dem Hintergrund. Damit sind leicht erhöhte Cs-137-Werte zu erkennen, bedingt durch Fallout nach der Katastrophe in Tschernobyl.

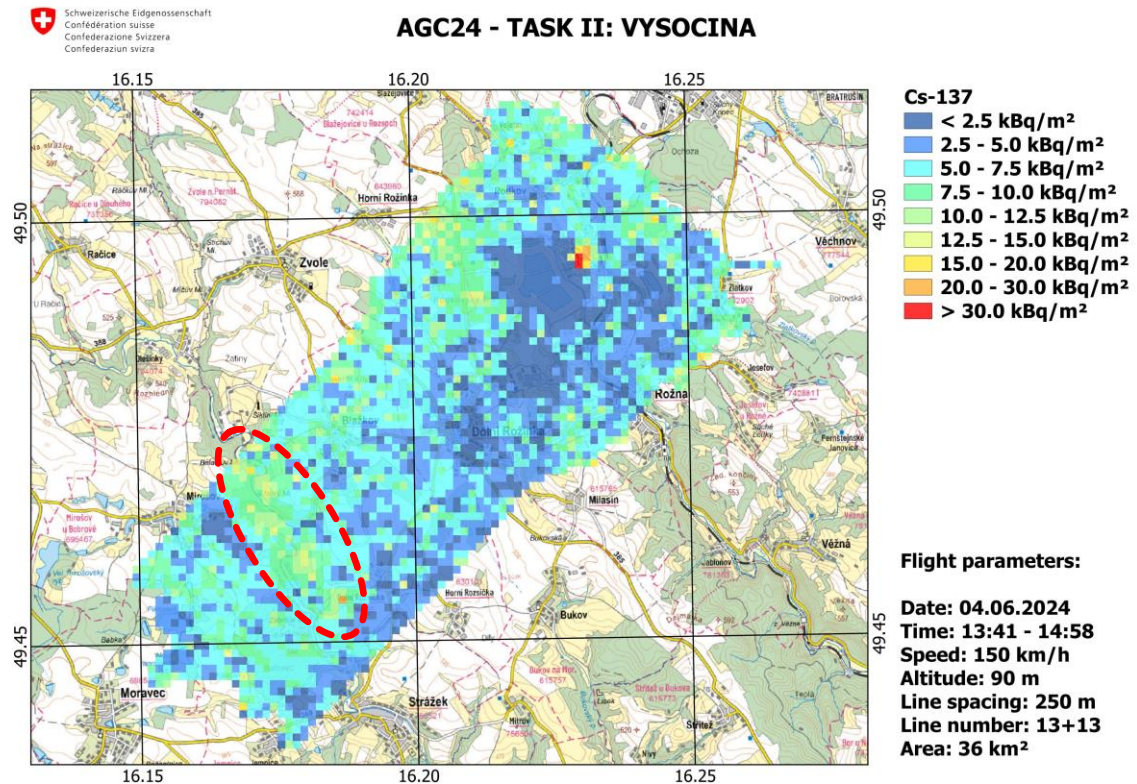


Abbildung 17: Cäsium Cs-137-Karte des Messgebietes Vysočina.

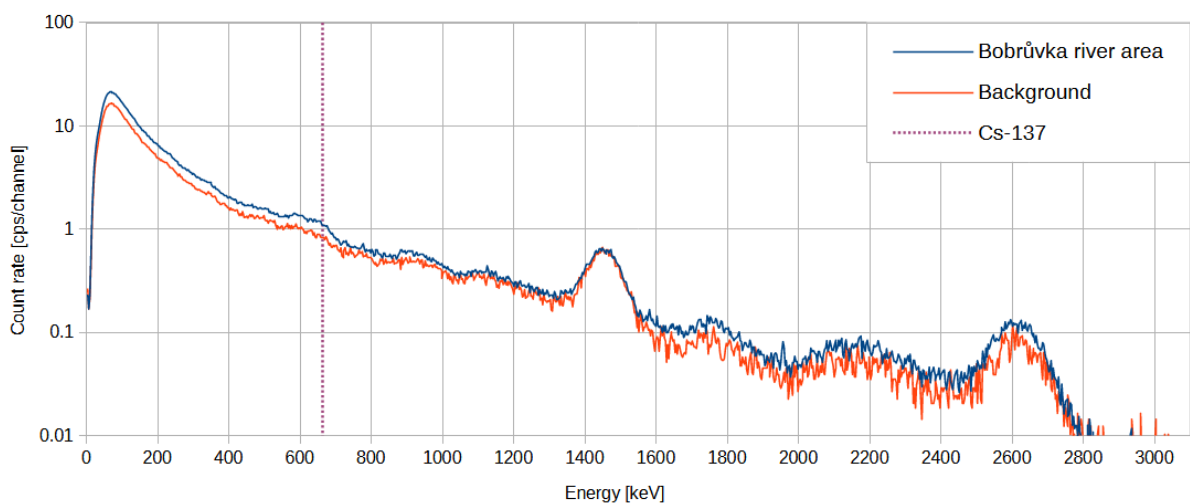


Abbildung 18: Gammaskpektrum aus dem Bereich mit erhöhten Cäsium Cs-137-Werten, verglichen mit einem Hintergrundspektrum (Background).



### 4.3 Task IV: Messgebiet in Libavá

Das Gebiet befindet sich ca. 30 km nordöstlich von Přerov. Die zu messende Fläche betrug ca. 25 km<sup>2</sup>.

#### 4.3.1 Vorgaben der Übungsleitung

Flughöhe:	100 m
Fluggeschwindigkeit:	100-120 km/h
Fluglinienabstand:	max. 250 m
Messgebiet:	Die blaue Linie galt als Grenze, die nicht überflogen werden durfte
Flugzeit:	Flugzeit im untersuchten Gebiet maximal 90 min

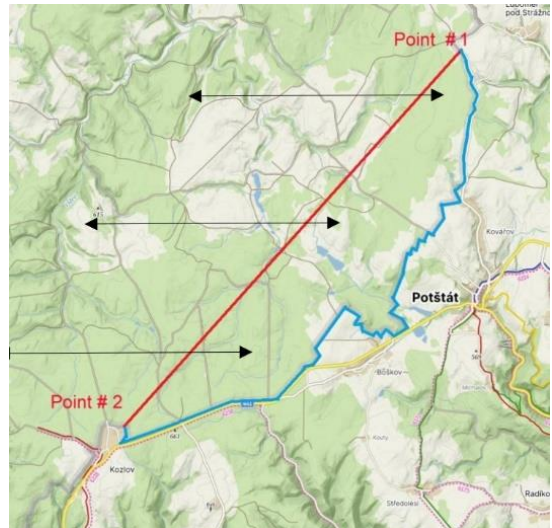


Abbildung 19:  
Messgebiet Libavá, mit der blau eingezeichneten Grenze, die nur in der Karte sichtbar war und nicht überflogen werden durfte.  
Bildquelle: mapy.cz

#### 4.3.1 Libavá: Angaben zum Messflug

Datum / Zeit:	05.06.2024,	13:10 – 13:56 h	/	14:00 – 14:40 h
Fluglinien:	Linienabstand 250 m, 9 Linien			
Flugdauer:	1 h 26 min			
Fluggebiet:	27 km <sup>2</sup>			
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m			



Abbildung 20: Foto aus dem Helikopter, aufgenommen während des Messfluges. Durch die Messflüge konnten radioaktive Quellen in unmittelbarer Nähe zum Lastwagen lokalisiert werden.

### 4.3.2 Libavá: Ortsdosisleistung und MMGC

Für Task IV, also die Mission in Libavá hatte die Übungsleitung verschiedene Quellen auf dem zu vermessenden Areal versteckt, die mit der ARM gefunden werden mussten. In der ODL-Karte in Abbildung 21 und der MMGC-Karte in Abbildung 22 sind dieselben Punkte mit erhöhten Werten deutlich zu erkennen.

Wie im Screenshot in Abbildung 23 ersichtlich, konnten schon während des Messfluges Radionuklide an zwei Standorten identifiziert werden:

- Standort A (N 49.639, E 17.607):

Co-60	abgeschätzte Aktivität 4.2 GBq
Cs-137	abgeschätzte Aktivität 1.3 GBq
- Standort B (N 49.613, E 17.560):

Cs-137	abgeschätzte Aktivität 0.48 GBq
I-131	abgeschätzte Aktivität 0.69 GBq

Die an den Standorten A (Abbildung 24) und B (Abbildung 25) gemessenen Gammaspektren bestätigen das Vorhandensein dieser Radionuklide.

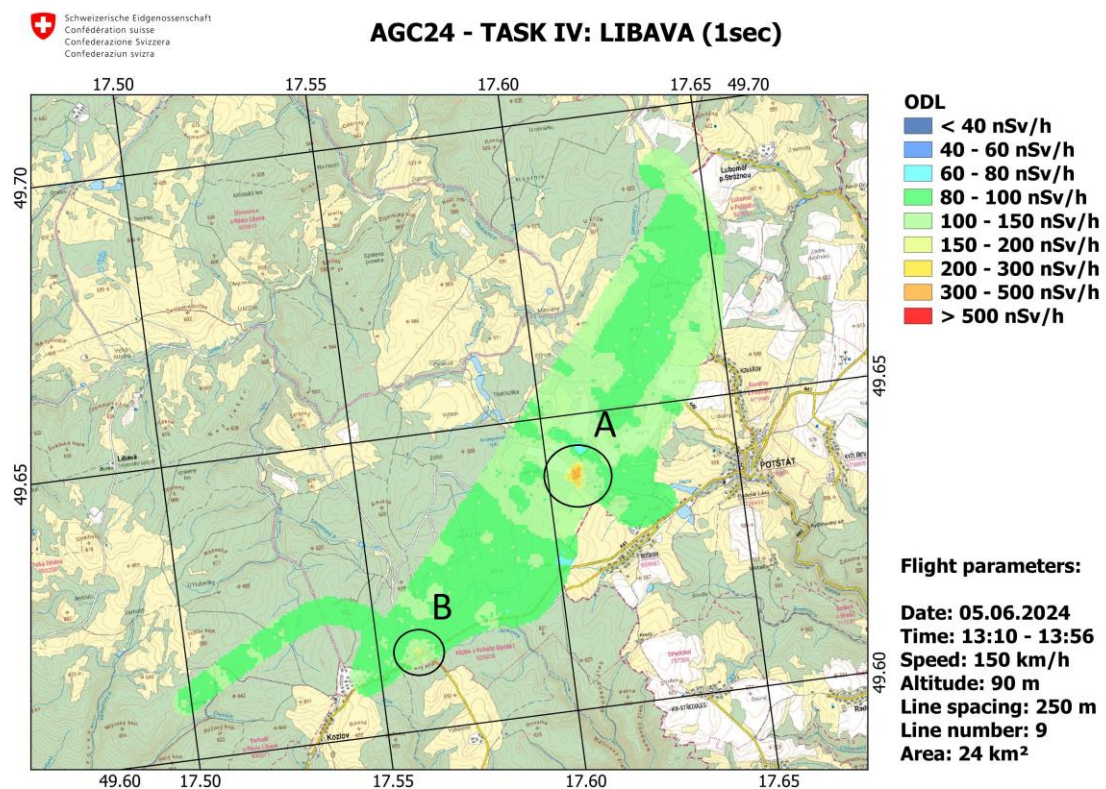


Abbildung 21: ODL-Karte des Gebietes Libavá, darin eingezeichnet die zwei erkannten Standorte A und B mit erhöhter Dosisleistung.



# AGC24 - TASK IV: LIBAVA (1sec)

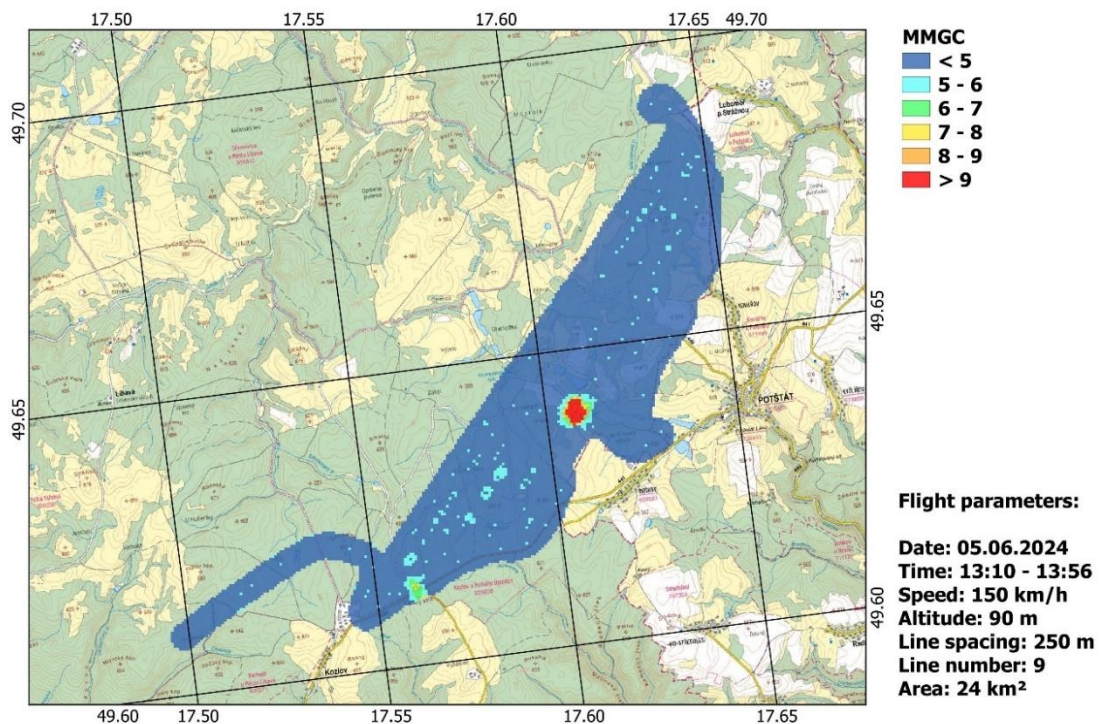


Abbildung 22: MMGC-Karte des Gebiets Libavá; gut zu erkennen auch in dieser Karte die zwei Standorte und mit erhöhter Radioaktivität.

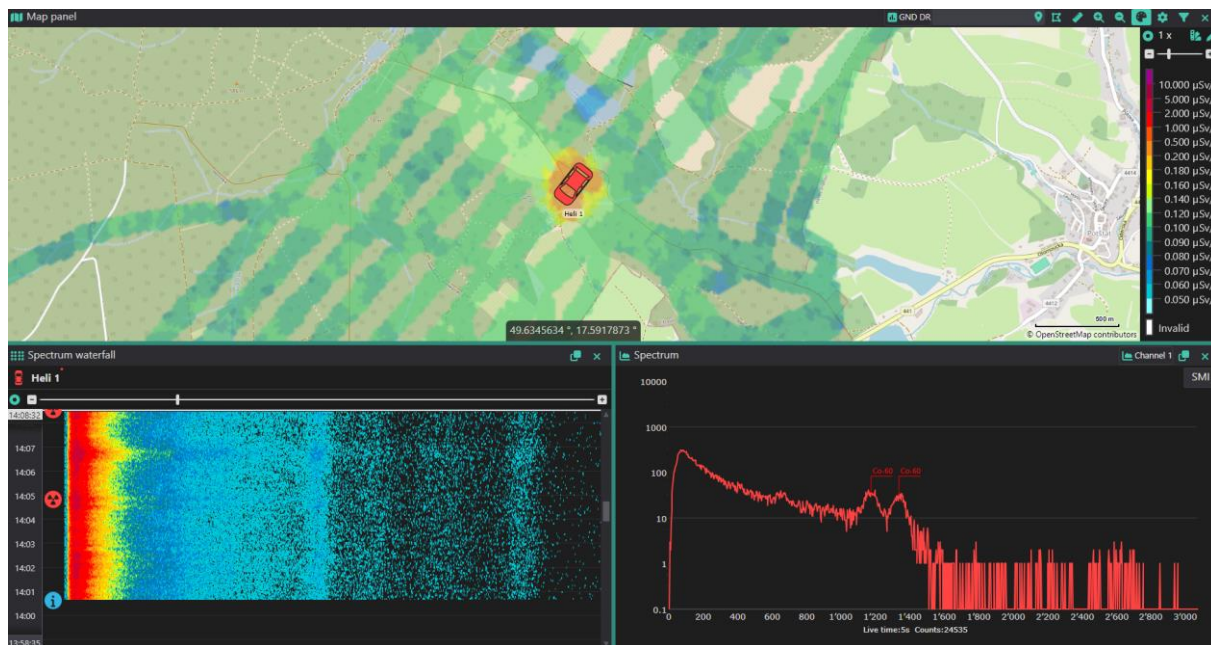


Abbildung 23: Ein Screenshot der Bedienkonsole des Messsystems zeigt, wie die Co-60-Quelle am Standort A während des Fluges durch die Operatoren identifiziert werden konnte.



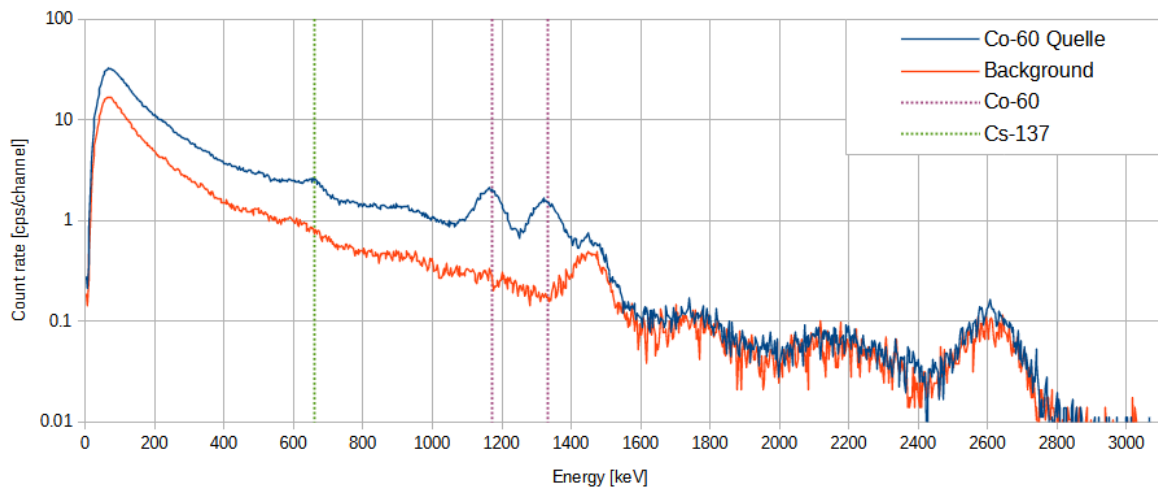


Abbildung 24: Gammaspektrum, das am Standort A aufgezeichnet wurde. Die Co-60-Peaks bei 1173 keV und 1332 keV sind sehr deutlich zu erkennen. Ebenfalls vom Hintergrundsignal zu unterscheiden ist der Cs-137-Peak bei 662 keV.

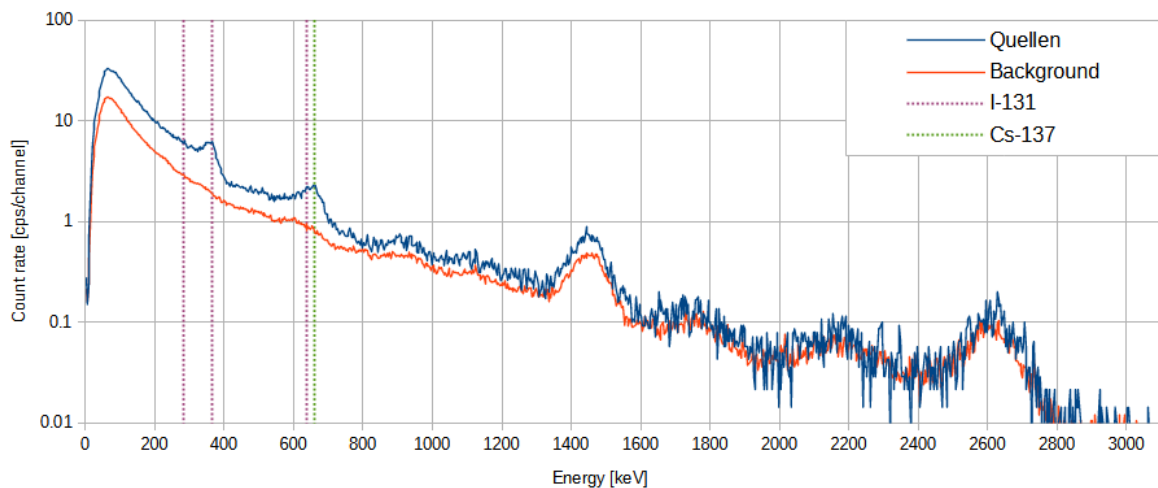


Abbildung 25: Gammaspektrum, aufgezeichnet am Standort B. Der Cs-137-Peak bei 663 keV ist gut vom Hintergrund zu unterscheiden. Der I-131-Peak bei 284 keV ist schwach und verschwindet im Rauschen, derjenige bei 637 keV wird vom Cs-137-Peak bei 663 keV überlagert und ist daher auch schwer zu erkennen. Der mittlere I-131-Peak bei 364 keV ist hingegen deutlich sichtbar.

Da die durch die Übungsleitung zugelassene Zeit und die Treibstoffreserven dafür ausreichten, wurde zu Ausbildungs- und Testzwecken das Messgebiet mit einer anderen Konfiguration ein zweites Mal überflogen. In diesem Modus werden die einzelnen Messungen über 5 Sekunden gemittelt, was besonders für die Nuklididentifikation und Quellensuche nützlich ist. Tatsächlich wurden mit dieser Konfiguration beide Standorte schnell lokalisiert und alle vier Radionuklide konnten rasch identifiziert werden.

Die Übungsvorgabe, dass die südöstliche Gebietsgrenze nicht überschritten werden durfte, konnte durch die Piloten mit einer kleinen Ausnahme eingehalten werden. Die Ursache für die kurze Grenzüberschreitung lag nicht beim fliegerischen Können, sondern daran, dass beim manuellen Übertragen dieser komplizierten Grenzlinie in die digitale Karte ein Wegpunkt zu wenig eingefügt wurde und die Piloten daher einen geringfügig anderen Grenzverlauf auf ihrer Karte sahen. In der Natur war die vorgegebene Grenze nicht visuell zu erkennen.

## AGC24 - TASK IV: LIBAVA (1sec)

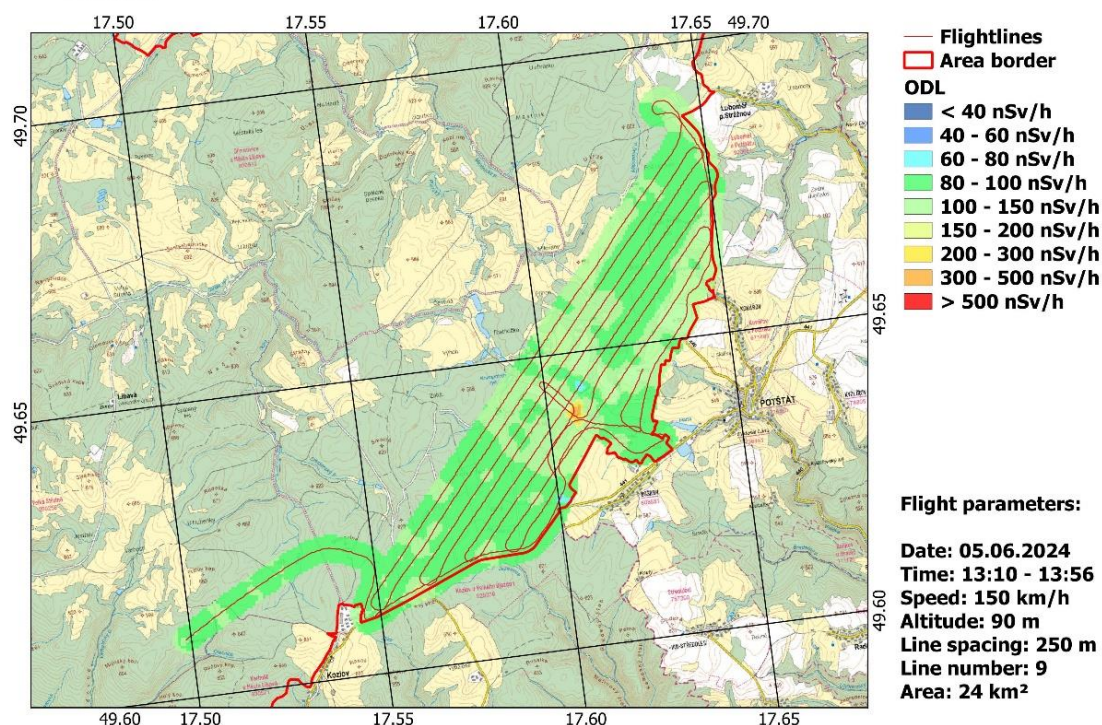


Abbildung 26: Fluglinien und ODL-Karte aus dem ersten Durchlauf über dem Messgebiet Libavá; der mit Verwendung der nicht gemittelten 1-Sekunden-Messwerte erfolgte.

## AGC24 - TASK IV: LIBAVA (5sec)

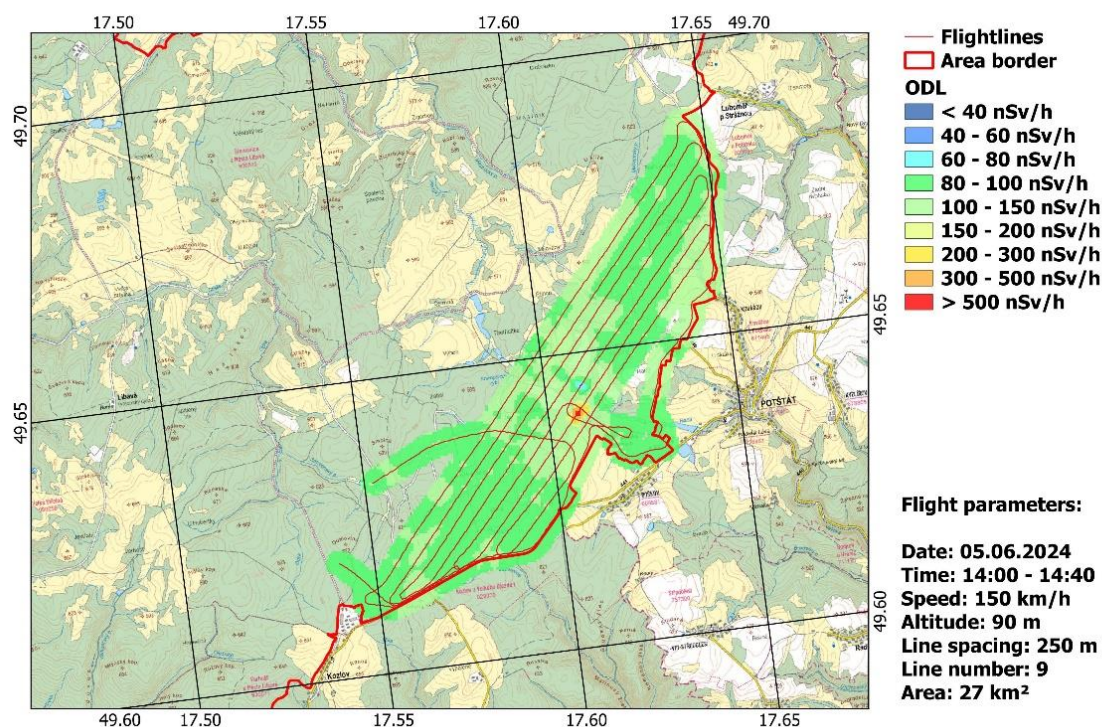


Abbildung 27: Fluglinien und ODL-Karte aus dem zweiten Durchlauf über dem Messgebiet Libavá; der mit Verwendung der gemittelten 5-Sekunden-Mittelwerte erfolgte.



#### 4.4 Task III: Messgebiet in Opavsko

Das Gebiet befindet sich ca. 60 km nordöstlich von Přerov. Die insgesamt zu messende Fläche betrug ca. 220 km<sup>2</sup>.

##### 4.4.1 Vorgaben der Übungsleitung

Flughöhe: max. 150 m  
Messgebiet: rot in die Karte einge-  
tragenes Polygon (in  
der Aufgabenstellung  
wurden die Koordi-  
naten der Ecken des  
Polygons bekannt-  
gegeben; Fläche  
ca. 220 km<sup>2</sup>)



Abbildung 28:  
Messgebiet Opavsko, das insgesamt  
ca. 220 km<sup>2</sup> umfasst, durch die teilnehmenden  
Teams unter sich aufgeteilt und als Composite  
Mapping-Übung vermessen werden musste.  
Bildquelle: mapy.cz

Fluggeschwindigkeit und Fluglinienabstand waren durch die Teams selbst zu bestimmen.

Flugzeit: Flugzeit im untersuchten Gebiet entsprechend der maximalen  
Flugdauer jedes Helikopters



Abbildung 29: Schweizer und tschechischer Helikopter, fotografiert aus dem französischen Helikopter  
während des Hinflugs zum Messgebiet.

Die Einteilung des Messgebiets ist in Abbildung 30 in die Landkarte eingetragen. Das tschechische Team folgte den gelb hinterlegten Linien im nördlichen Teil, das französische Team den blauhinterlegten Linien im südlichen Teil, das Schweizer Team den rot hinterlegten Linien in der Mitte des Messgebietes.

#### 4.4.2 Opavsko: Angaben zum Messflug

Datum / Zeit:	06.06.2024, 10:27 – 12:22 h		
Fluglinien:	Linienabstand 250 m, 15 Linien		
Flugdauer:	1 h 55 min		
Fluggebiet:	Schweizer Team: 80 km <sup>2</sup>	/	Alle Teams: 220 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m		

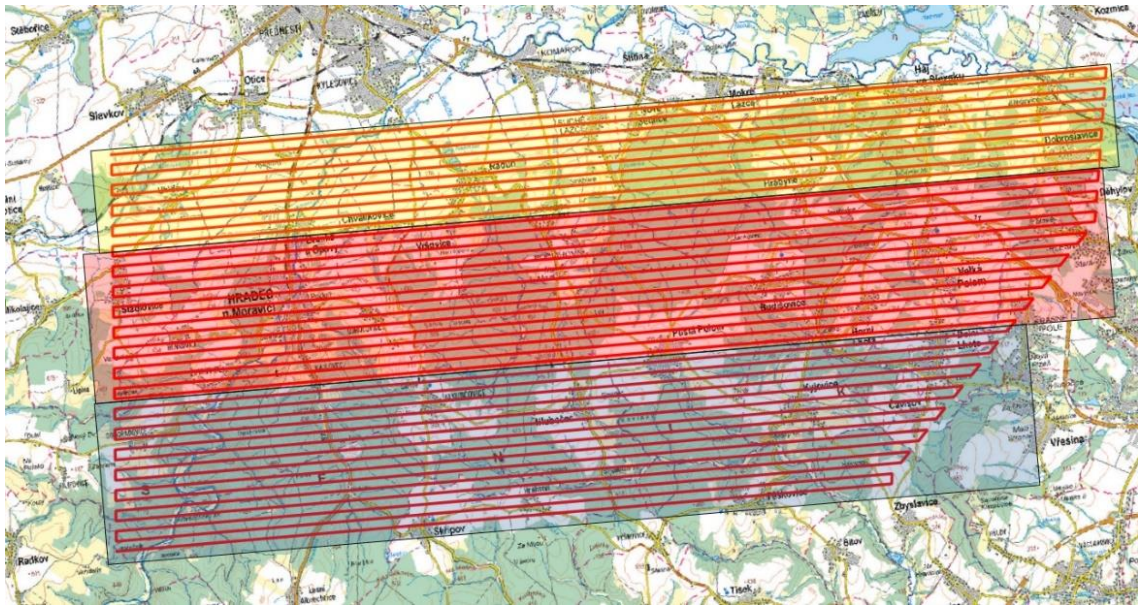


Abbildung 30: Aufteilung des Messgebietes und gemeinsam durch die Teams definierte Fluglinien; die gelb hinterlegten Linien wurden durch das tschechische, die rot hinterlegten durch das Schweizer und die blau hinterlegten Linien durch das französische Team geflogen.

#### 4.4.3 Opavsko: Ortsdosisleistung

Die ODL-Karte in Abbildung 31 zeigt keine Auffälligkeiten. Ein kleiner Bereich im Süden des Messgebietes weist leicht erhöhte ODL-Werte um 200-300 nSv/h auf, die sich damit erklären lassen, dass sich dort ein Steinbruch mit natürlicherweise leicht radioaktivem Gestein befindet. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.



## AGC24 - TASK III: OPAVSKO - Composite mapping

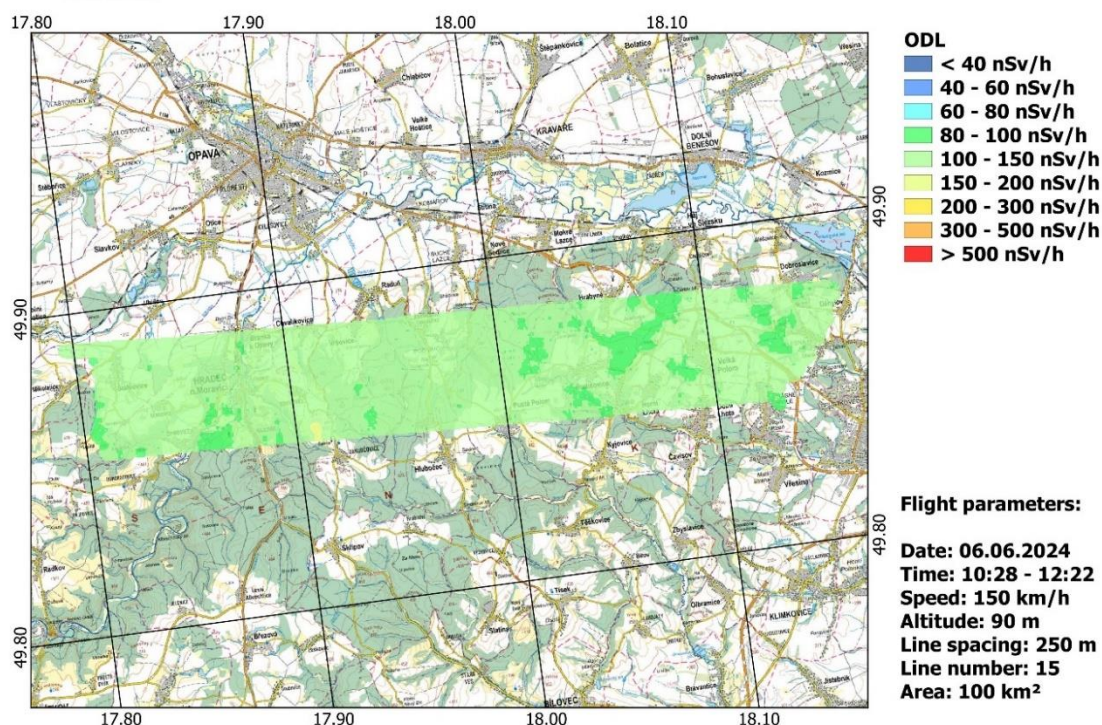


Abbildung 31: ODL-Karte des durch das Schweizer Team zu vermessenden Bereichs im Messgebiet Opavsko.

### 4.4.4 Opavsko: MMGC-Verhältnis

In der Karte in Abbildung 32 wird das Verhältnis vom niederenergetischen zum hochenergetischen Anteil des Strahlenspektrums dargestellt. Weil die künstlich erzeugten Radionuklide meist  $\gamma$ -Strahlung niedriger Energie erzeugen, dient dieser Wert oft als Indikator für das ungefähre Verhältnis von künstlicher («man made») zu natürlicher Strahlung und wird als «Man made gross count (MMGC)» bezeichnet.

### 4.4.5 Opavsko: Cäsium Cs-137

Auf der Cs-137-Messkarte in Abbildung 33 sind Bereiche mit erhöhten Konzentrationen klar zu erkennen. Es wurden Werte im Bereich von 12'500-30'000 Bq/m<sup>2</sup> detektiert. Diese Werte sind auf Ablagerungen nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 zurückzuführen.

### Cs-137 und MMGC

Der Vergleich von Abbildung 32 und Abbildung 33 zeigt, dass die Bereiche mit höheren Cs-137-Werten gut mit jenen korrelieren, für die allgemein ein höheres MMGC-Verhältnis ermittelt wurde. Das Summenspektrum in Abbildung 34 wurde über einem solchen Bereich erstellt. Es belegt eindeutig, dass Cäsium Cs-137 vorhanden ist.



### AGC24 - TASK III: OPAVSKO - Composite mapping

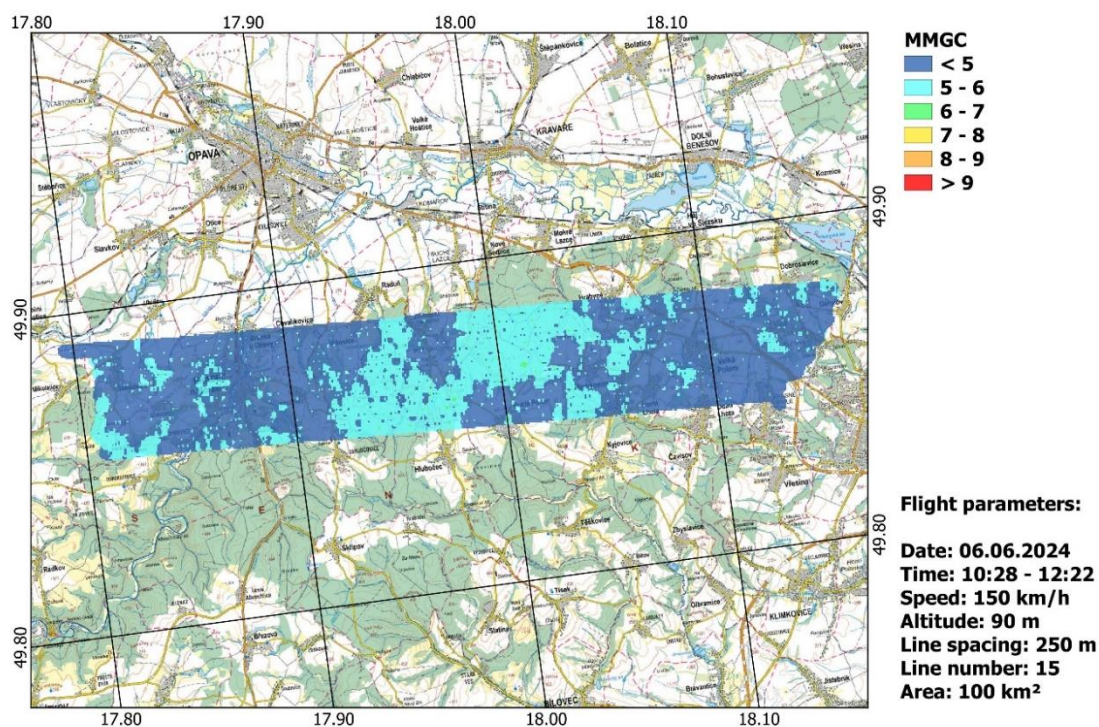


Abbildung 32: MMGC-Karte des durch das Schweizer Team zu vermessenden Bereichs im Messgebiet Opavsko.

### AGC24 - TASK III: OPAVSKO - Composite mapping

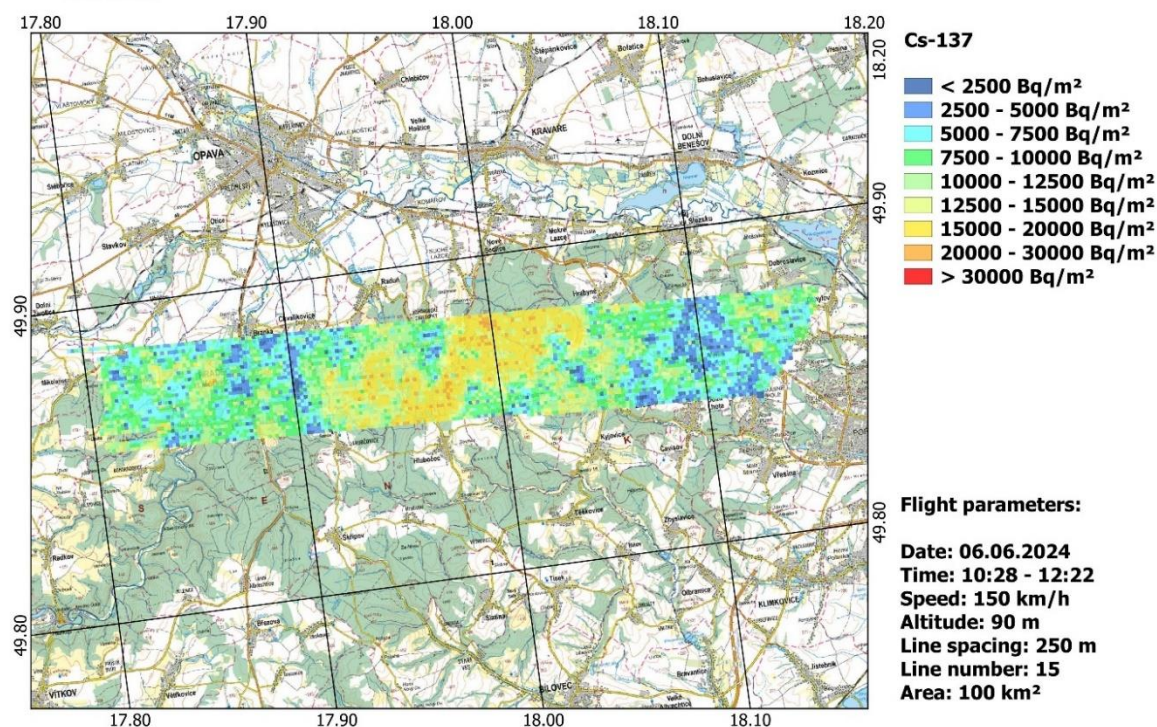


Abbildung 33: Cs-137-Karte des durch das Schweizer Team zu vermessenden Bereichs im Messgebiet Opavsko.

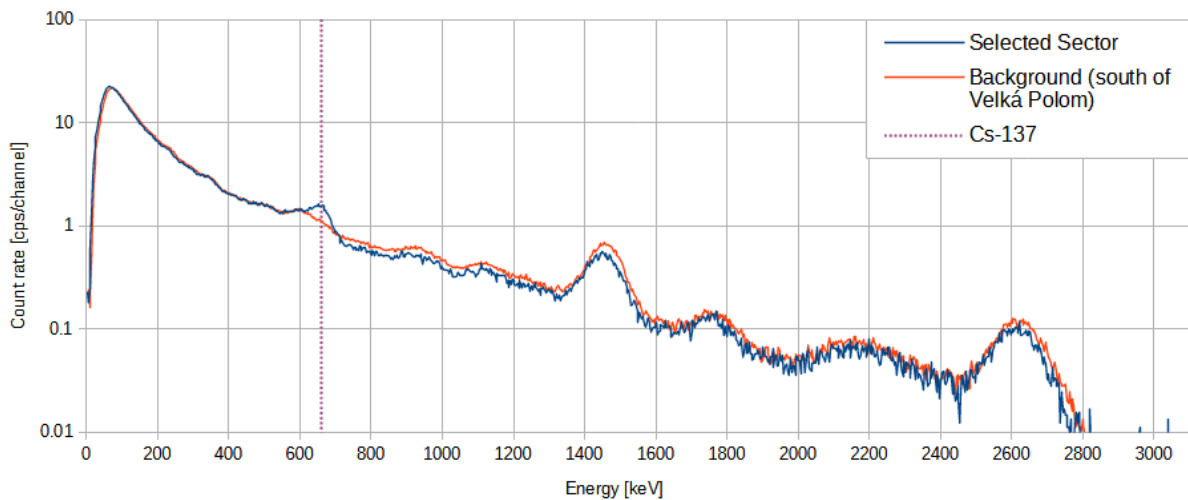


Abbildung 34: Summenspektrum eines Bereichs mit höherer Cs-137-Aktivität, verglichen mit dem Hintergrund in der Nähe dieser Messung; der Bereich über dem das Summenspektrum erstellt wurde, ist im Screenshot der Auswertesoftware in Abbildung 35 gekennzeichnet.

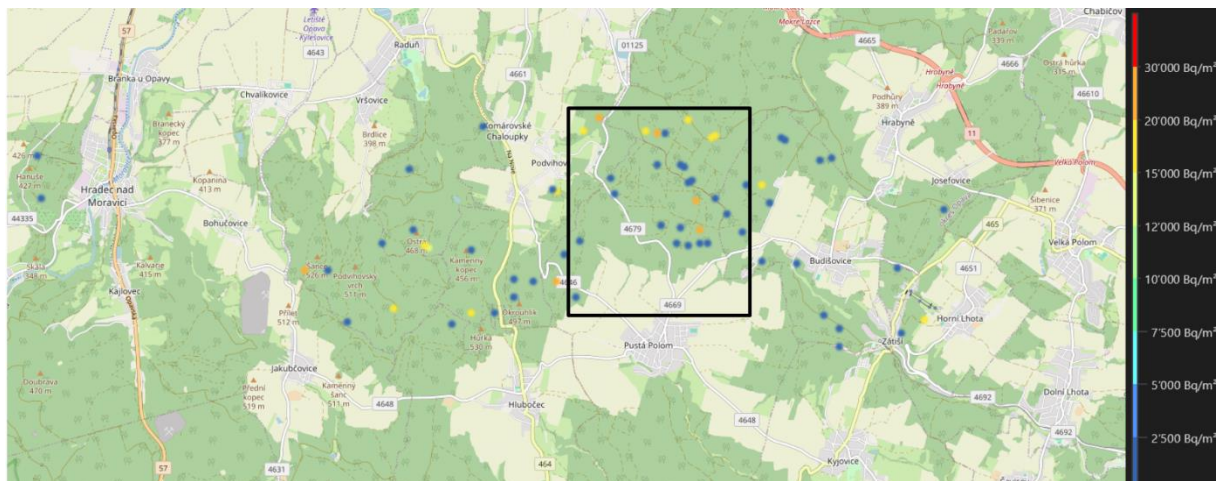


Abbildung 35: Cs-137 Flächenaktivität, dargestellt in der Auswertungssoftware (Spir Replay von Mirion). Die Punkte repräsentieren Standorte, an denen nuklidspezifisch Cs-137 identifiziert wurde.

#### 4.4.6 Opavsko: Kalium K-40

In dem Bereich, in welchem in Abbildung 31 am südlichen Rand des Messgebietes etwas höhere ODL-Werte erkannt wurden, weist auch die Kalium K-40-Karte in Abbildung 36 höhere Werte auf. Wie oben erwähnt, sind diese Werte auf einen dort befindlichen Steinbruch zurückzuführen. Die anderen beobachteten K-40-Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.



## AGC24 - TASK III: OPAVSKO - Composite mapping

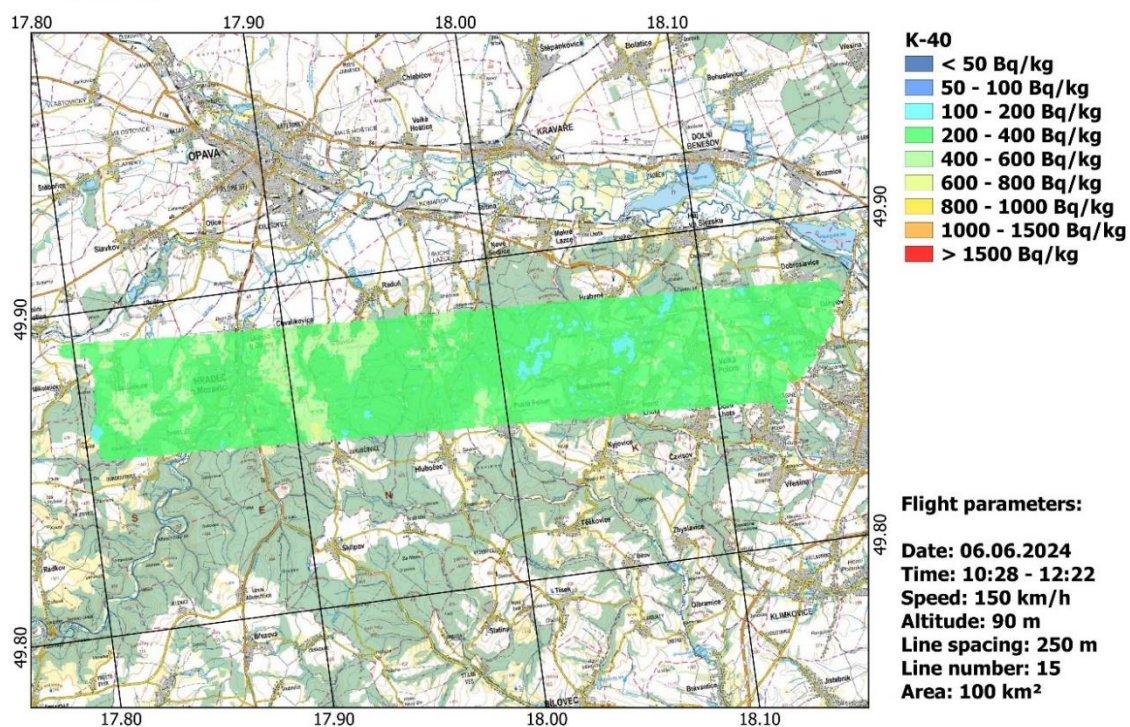


Abbildung 36: K-40-Karte des durch das Schweizer Team zu vermessenden Bereichs im Messgebiet Opavsko.



## 5 Erkenntnisse

- Die Ziele der Aeroradiometrie-Messwoche 2024 wurden erreicht. Das geplante Standardmessprogramm in der Umgebung von KKL, KKB und PSI wurde erfolgreich vermessen, aber wegen der teilweise ungünstigen Wetterlage und knappen Zeit musste es im Umfang etwas reduziert werden.
- Bei der internationalen Messkampagne in Tschechien wurden herausfordernde Aufgaben gestellt, und die Kampagne Gelegenheit, radiologisch interessante Messgebiete zu vermessen (z.B. eine Uranmine oder Kontaminationen, die nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl entstanden sind).
- Die Quellsuche war besonders interessant, mit vier Quellen an zwei Standorten und zusätzlich einer fiktiven Grenzlinie, die nicht überflogen werden durfte. Die Operatoren mussten die Messresultate in Echtzeit interpretieren, die Situation evaluieren, einen Plan entwickeln und sofort umsetzen. Somit wurde auch die Kommunikation zwischen den Operatoren und sowohl der Bodencrew als auch den Piloten trainiert.
- Mehrere Gebiete wurden mit zwei verschiedenen Konfigurationen vermessen, um Stärken und Schwächen zu erkennen und gegeneinander abzuwägen.
- Internationale Messkampagnen sind wichtig um gemeinsame Messeinsätze zu trainieren und den Erfahrungsaustausch unter internationalen Partnern zu fördern. Die gegenseitige Kenntnis von Messstrategien, Charakteristika der Messdaten und Auswertungsmethoden ist entscheidend für eine effiziente Zusammenarbeit.
- Die Checkprozeduren für die Schnellerkennung und Behebung von Problemen wurden geübt und angepasst.
- Mit Unterstützung des Kompetenzzentrums ABC-KAMIR konnten weitere wichtige Erfahrungen und Erkenntnisse gesammelt werden. So wurden die Prozeduren rund um das ARM-System optimiert, wie z.B. Berechnungen zur Abschätzung der Quellenaktivität.
- Die Prozesse für die Darstellung der Messresultate wurden überprüft, trainiert und optimiert.
- Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

## Anhang A: Aeroradiometrie allgemein

### Wie funktioniert die Aeroradiometrie?

Eine ausführliche Beschreibung des Messverfahrens und der eingesetzten Ausrüstung findet sich in diesem [Factsheet](#).

### Auswertung aeroradiometrischer Daten

Das Auswerteverfahren für aeroradiometrische Daten ist beschrieben in: SCHWARZ, G.F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie (Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 23, Schweizerische Geophysikalische Kommission).

Für die Praxis wird oft eine einfache Methode benötigt, um die aeroradiometrisch gemessenen Werte direkt im Feld auswerten zu können. Dafür haben sich zwei Methoden bewährt:

1. MMGC-Ratio: Dabei wird das Verhältnis vom tieferenergetischen zum hochenergetischen Anteil des Spektrums gebildet. Weil die künstlich erzeugten Radionuklide meist nur  $\gamma$ -Strahlung niedriger Energie aussenden, entspricht dieses Verhältnis ungefähr dem Verhältnis von künstlicher zu natürlicher Strahlung.
2. Abschätzung der Ortsdosisleistung: Die Summe der Produkte von Zählrate und Kanalenergie über alle Kanäle des Energiespektrums ist proportional zur Dosisleistung am Ort des Detektors. Von dieser Dosisleistung wird der Detektoruntergrund (ca. 2 nSv/h) und die Dosisleistung aus der kosmischen Strahlung (gemessen über einen speziellen Zählkanal für hochenergetische Photonen) abgezogen, was die terrestrische Dosisleistung am Ort des Detektors ergibt. Über eine exponentielle Korrektur von der Flughöhe auf einen Meter über Grund wird anschliessend die terrestrische Ortsdosisleistung berechnet. Die Abschätzung der gesamten Ortsdosisleistung erfolgt durch Addition der kosmischen Dosisleistung in einem Meter über Grund, welche über die kosmische Höhenformel berechnet wird.

Bei der Interpretation von aeroradiometrischen Karten ist zu beachten, dass die Messungen aus der Luft immer einen Mittelwert über ein Gebiet von 300 m x 300 m (90'000 m<sup>2</sup>) für eine Flughöhe von 90 m über Boden darstellen. Zum Vergleich: Bodenmessungen decken nur eine Fläche von rund 80 m<sup>2</sup> ab.

### Messergebnisse in der Umgebung der Kernanlagen

Mit Ausnahme der KKW Beznau und Gösgen (Druckwasserreaktoren) können sämtliche schweizerischen Kernanlagen mit aeroradiometrischen Messungen anhand ihrer Direktstrahlung nachgewiesen werden. Das Strahlungsfeld beschränkt sich auf die Areale der Kernanlagen. In der Umgebung ist keine erhöhte künstliche Radioaktivität nachweisbar.

Beim PSI wird die durch die Beschleunigeranlage induzierte Streustrahlung (PSI-West) resp. die Strahlung von radioaktiven Abfällen (Bundeszwischenlager) am Standort (PSI-Ost) erfasst.

Bei Siedewasserreaktoren (KKM und KKL) gelangt im Betrieb durch die Frischdampfleitung das Aktivierungsprodukt <sup>16</sup>N ins Maschinenhaus. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise wenig abgeschirmt ist, wird Gammastrahlung des <sup>16</sup>N aus der Luft gut detektiert. KKW mit Druckwasserreaktoren (KKG und KKB) weisen eine sehr geringe Gesamtstrahlung auf und sind in der Regel nicht erkennbar.

Ausserhalb der umzäunten Areale der Kernanlagen wurde keine erhöhte künstliche Radioaktivität festgestellt, die nicht durch den Reaktorunfall in Tschernobyl oder die Kernwaffenversuche der sechziger Jahre erklärt werden kann. Der Aktivitätspegel in der Umgebung ist über die letzten 15 Jahre konstant geblieben.