บทที่ 5
การจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสี

การวิจัยนี้ได้ทำการทำนายการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีเข้าสู่บรรยากาศโลกโดยสมมุติให้มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นที่โรงไฟฟ้าซึ่งมีสถานที่ตั้ง ณ บ้านแหลมแท่น โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Industrial Source Complex (ISC) ซึ่งพัฒนาโดย Environmental Protection Agency (EPA), USA โดยมี ALGOLITHUM แสดงไว้ในภาคผนวก ค. โปรแกรมนี้ปกติจะใช้ทำนายการแพร่กระจายของก๊าซซัลเฟอร์ไดอ๊อกไซด์ซึ่งแพร่ออกทางปล่องของโรงไฟฟ้าถ่านหิน ซึ่งในการวิจัยนี้จึงพิจารณาให้ SO_2 เป็นตัวแทนสารกัมมันตรังสีทั้งหมดที่แพร่ออกมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มของทิศทางการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อมาตรการป้องกันภัยเร่งด่วนดังที่กล่าวในหัวข้อ 4.10 เช่น ด้านการแพทย์และสาธารณสุขรวมทั้งด้านมาตรการอพยพ เป็นต้น

5.1 เงื่อนไขชุดคำสั่ง (Input)

เพื่อให้สอดคล้องกับสถานที่และเหตุการณ์จริงมากที่สุดจึงได้กำหนดชุดคำสั่งให้โปรแกรมทำงานภายใต้เงื่อนไข ดังนี้

- ให้ประมวลผลโดยใช้แบบจำลองของพื้นที่ชนบท (สอดคล้องสถานที่จริง)
- ใช้ค่า emission rate 1 g/sec (เป็นค่าสมมุติตาม default ของโปรแกรม)
- ใช้ความสูงของปล่อง 231.5 เมตร (ใช้ค่าตามโรงไฟฟ้าถ่านหินในประเทศ 200 รวมกับความสูงของสถานที่จริง 31.5 เมตร)
- อุณหภูมิที่ปล่อง 432 K (เป็นค่าสมมุติตาม default ของโปรแกรม)
- ความเร็วของควันที่ปล่อง 11.7 m/sec (เป็นค่าสมมุติตาม default ของโปรแกรม)
- เส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง 6 เมตร (ใช้ค่าตามโรงไฟฟ้าถ่านหินในประเทศ)

โดยใช้สมมุติฐานว่าที่ปลายปล่องเป็นต้นกำเนิดสารกัมมันตรังสีแบบจุด (Point source) และใช้เป็นจุดต้นกำเนิด (0,0) ในการหาระยะทางในการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีของระบบพิกัด

ในการกำหนดจุดรองรับ (Receptor) สำหรับระบบพิกัดเชิงขั้วนั้นได้กำหนดที่ระยะ 3, 5, 10, 20, 25 กิโลเมตรตามลำดับและกำหนดทิศทางไว้ 36 ตำแหน่งโดยในแต่ละตำแหน่งห่างกัน 10° โดยเริ่มต้นจากทิศเหนือเป็นหลัก

สำหรับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยานั้นได้ใช้ข้อมูลของปี พ.ศ.2545 โดยใช้ข้อมูลที่เก็บจากสถานีตรวจวัดอากาศชุมพรซึ่งอยู่ห่างจากสถานที่ตั้งโครงการประมาณ 30 กิโลเมตร ส่วนค่า Upper air ซึ่งบ่งบอก Stability class นั้นที่สถานีตรวจวัดอากาศชุมพรไม่สามารถวัดค่าได้จึงได้นำข้อมูล Upper air ที่เก็บจากสถานีกรุงเทพฯและสถานีสงขลามาเฉลี่ยกันเพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูล Upper air ของจังหวัดชุมพร

5.2 ผลการจำลองเหตุการณ์ (Result)

จากผลการจำลองของโปรแกรมแสดงไว้ในภาคผนวก ง. จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นสูงสุดจะเกิดใน 3 ช่วงวันได้แก่ 3 เมษายน, 10 มิถุนายน, 13 พฤศจิกายน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศของจังหวัด คือ มี 2 ฤดูได้แก่ ฤดูร้อนเนื่องจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม) และฤดูฝนเนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (มิถุนายน-มกราคม)

ดังนั้นจึงใช้ช่วงวันดังกล่าวเป็นตัวแทนของ 3 เหตุการณ์ในการวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่ของสารกัมมันตรังสีในช่วง 7 วัน คือ

- ระหว่างฤดูร้อน (ใช้ช่วงเวลาคือ วันที่ 31 มีนาคม ถึง 6 เมษายน)
- ระหว่างเปลี่ยนฤดู (ใช้ช่วงเวลาคือ วันที่ 7-13 มิถุนายน)
- ระหว่างฤดูฝน (ใช้ช่วงเวลาคือ วันที่ 10-16 พฤศจิกายน)

โดยนำช่วงเวลาดังกล่าวมาทำการจำลองเหตุการณ์อีกครั้งเพื่อนำค่าช่วงเวลาที่มีความเข้มสูงสุดมาทำการจัดทำ Contour line ประกอบกับแผนที่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เหตุการณ์ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1 ชุดคำสั่งในการเลือกช่วงเวลาในการจำลองเหตุการณ์

โดยทำการกำหนดค่าใน ME option

1. ฤดูร้อน

```
ME STARTING
   INPUTFIL  CHUMPORN.MET
   ANEMHGHT  100 FEET
   SURFDATA  504  2002  CHUMPORN
   UAIRDATA  306  2002  BKK_SK
   DAYRANGE  90-96
ME FINISHED
```

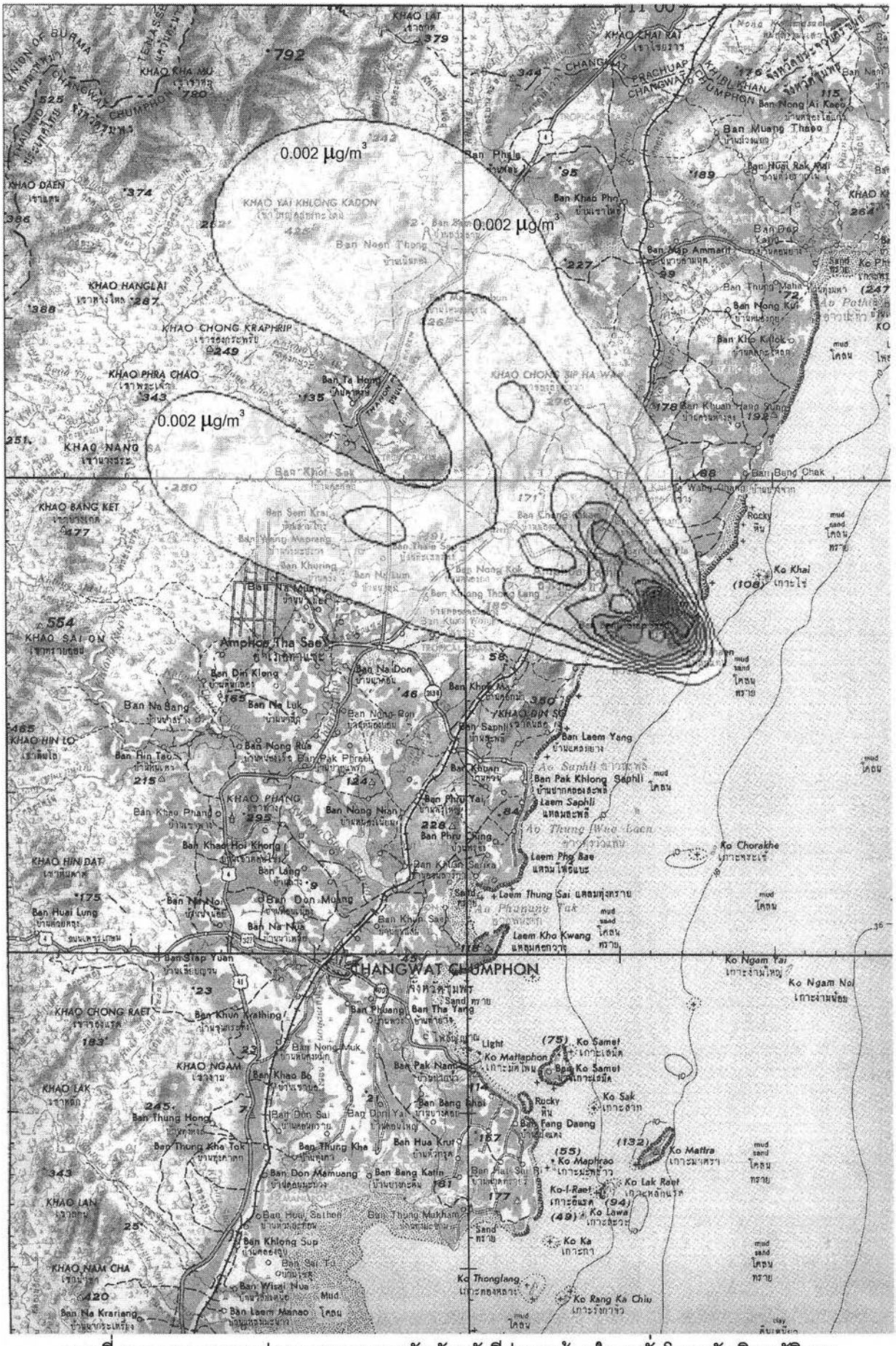
2. ระหว่างเปลี่ยนฤดู

```
ME STARTING
   INPUTFIL  CHUMPORN.MET
   ANEMHGHT  100 FEET
   SURFDATA  504  2002  CHUMPORN
   UAIRDATA  306  2002  BKK_SK
   DAYRANGE  158-164
ME FINISHED
```

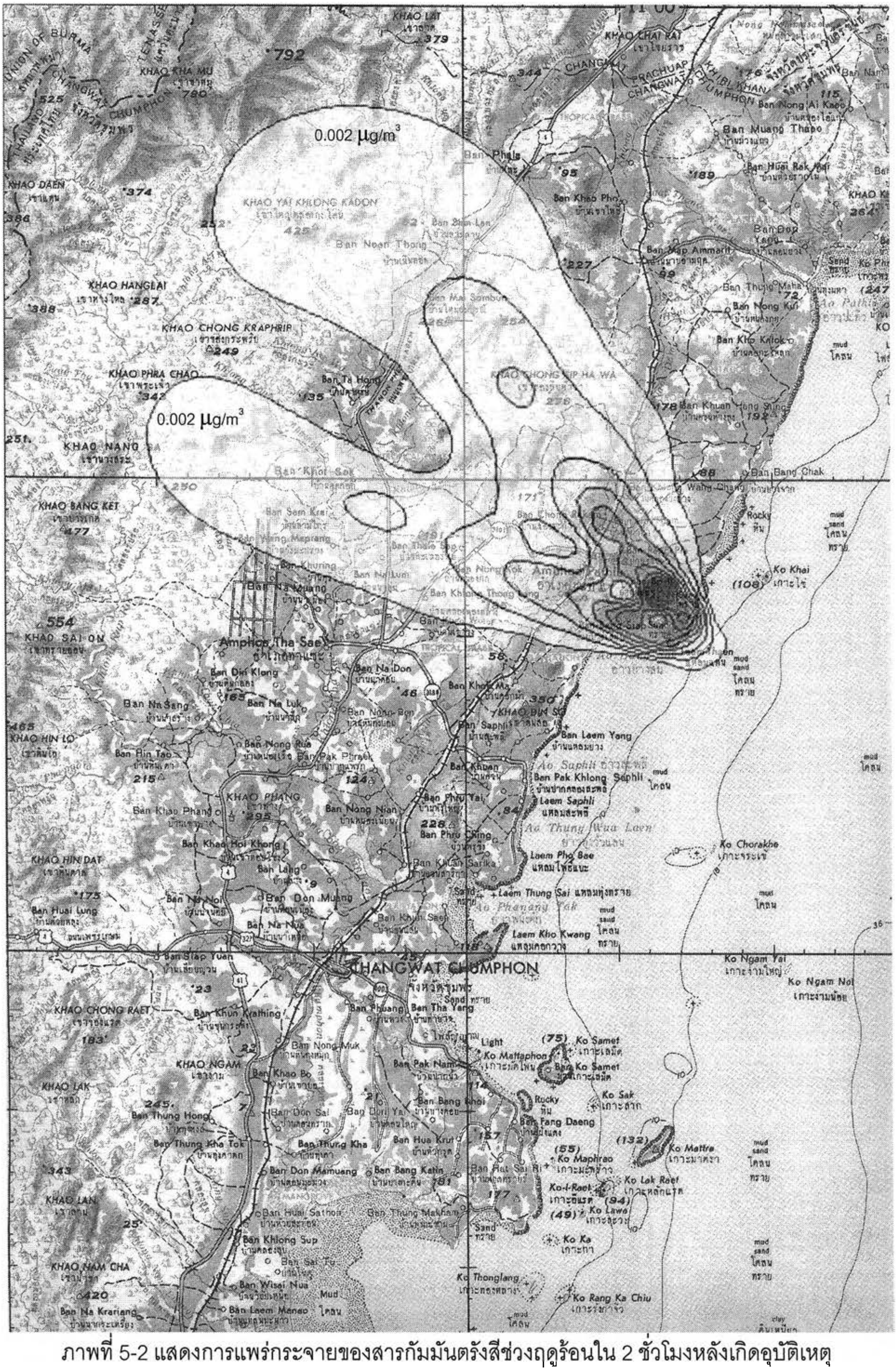
3. ระหว่างฤดูฝน

```
ME STARTING
   INPUTFIL  CHUMPORN.MET
   ANEMHGHT  100 FEET
   SURFDATA  504  2002  CHUMPORN
   UAIRDATA  306  2002  BKK_SK
   DAYRANGE  314-320
ME FINISHED
```

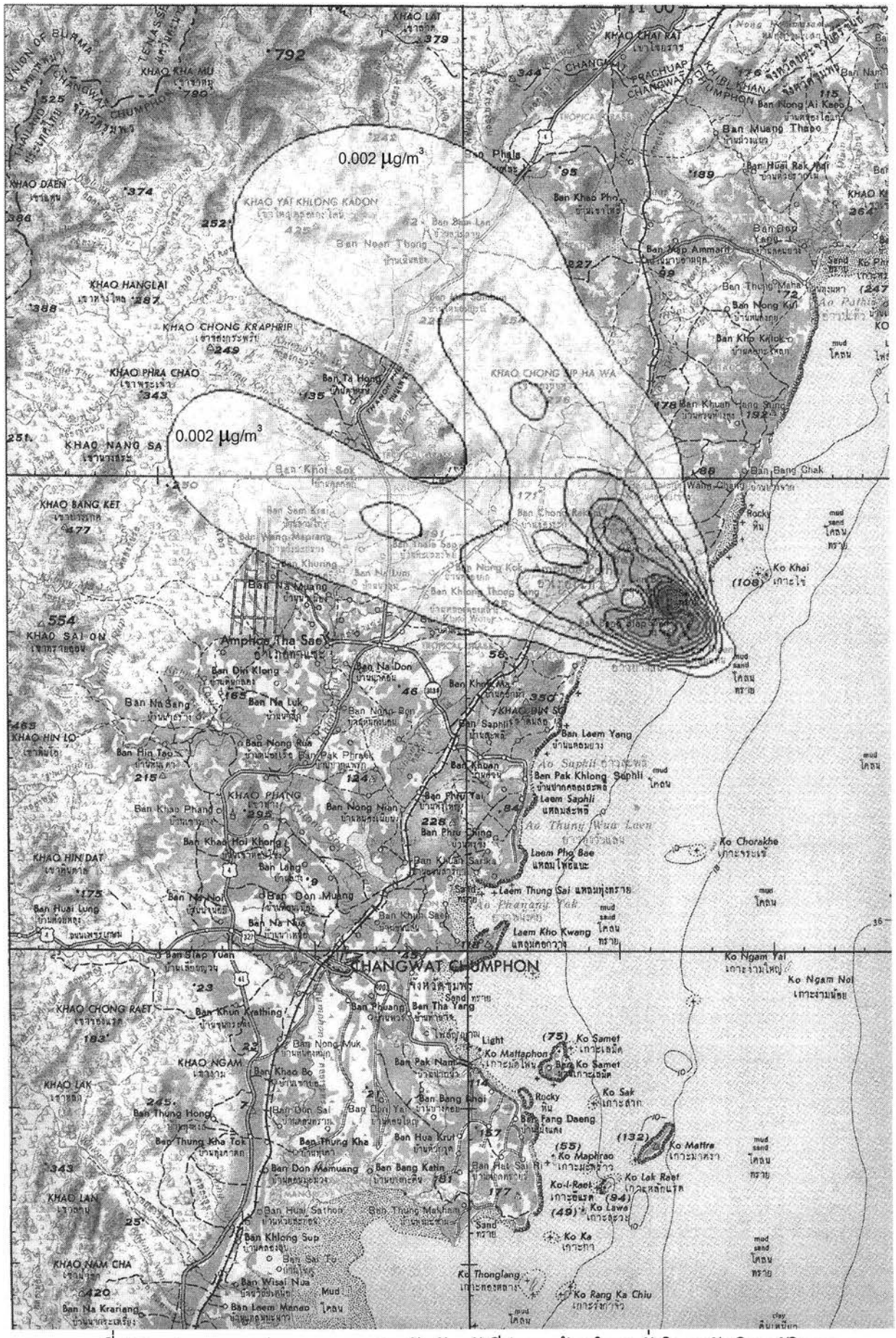
ภาพแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของสารกัมมันตรังสีในช่วงต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 5-1 ถึง 5-15



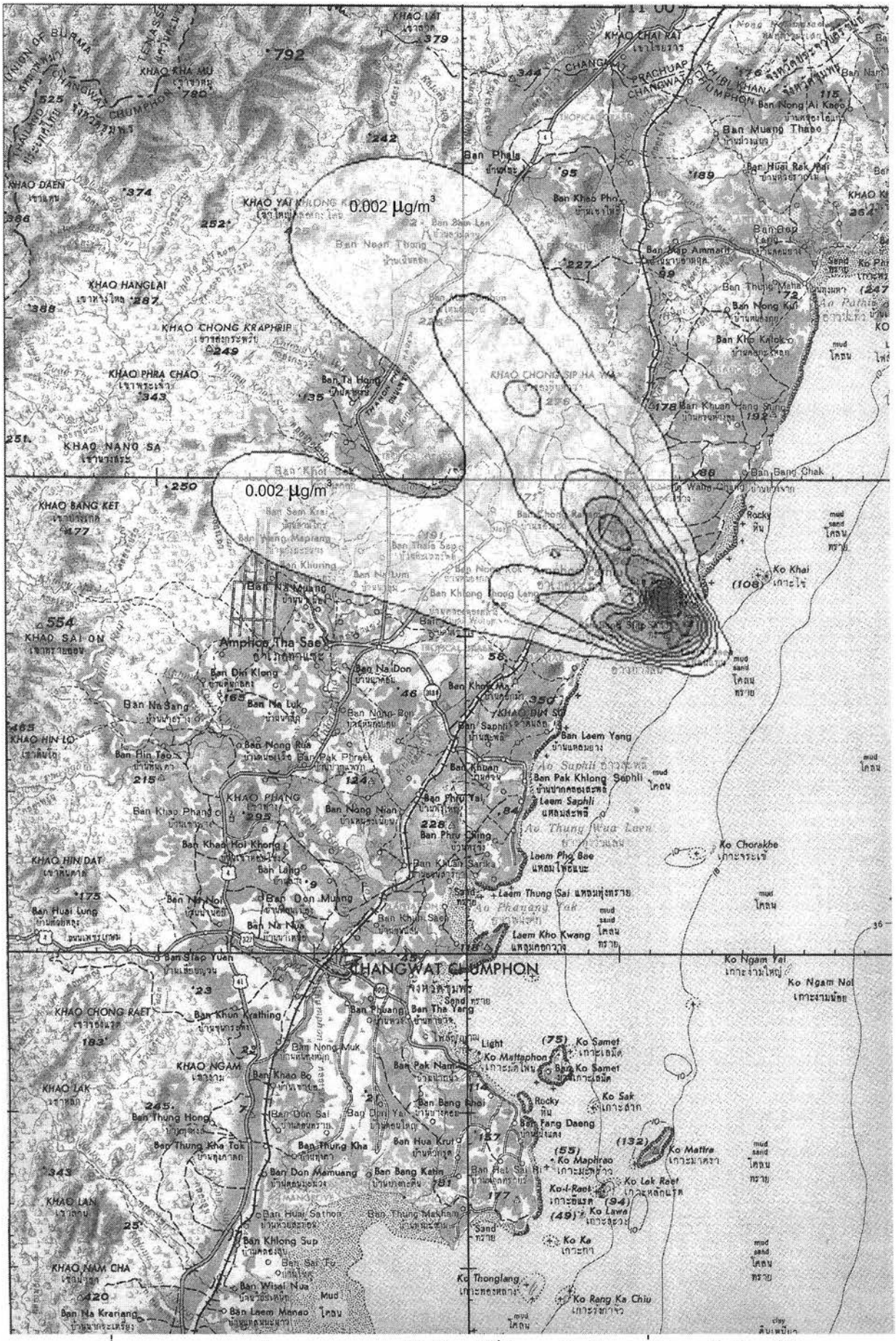
ภาพที่ 5-1 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูร้อนใน 1 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



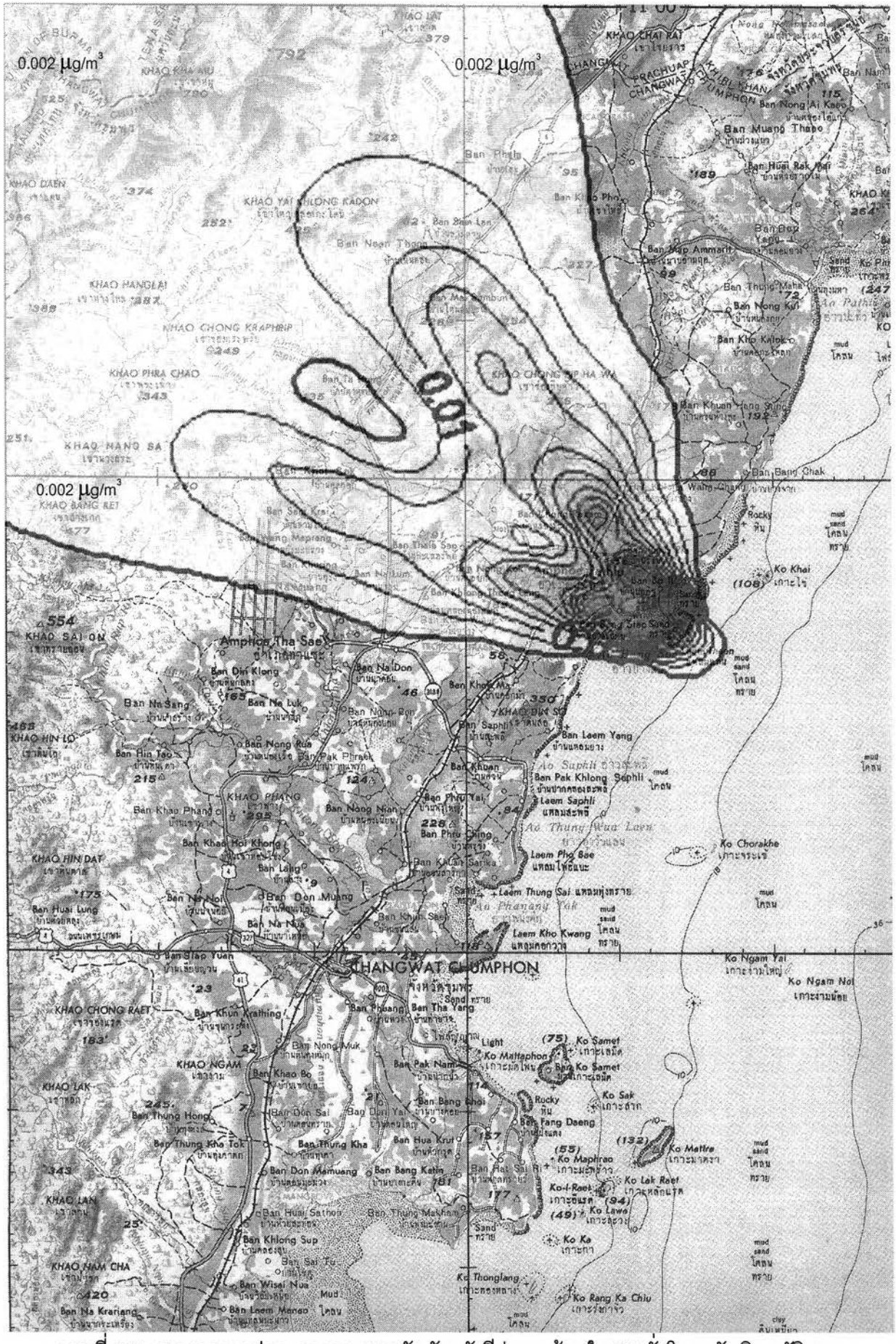
ภาพที่ 5-2 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูร้อนใน 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



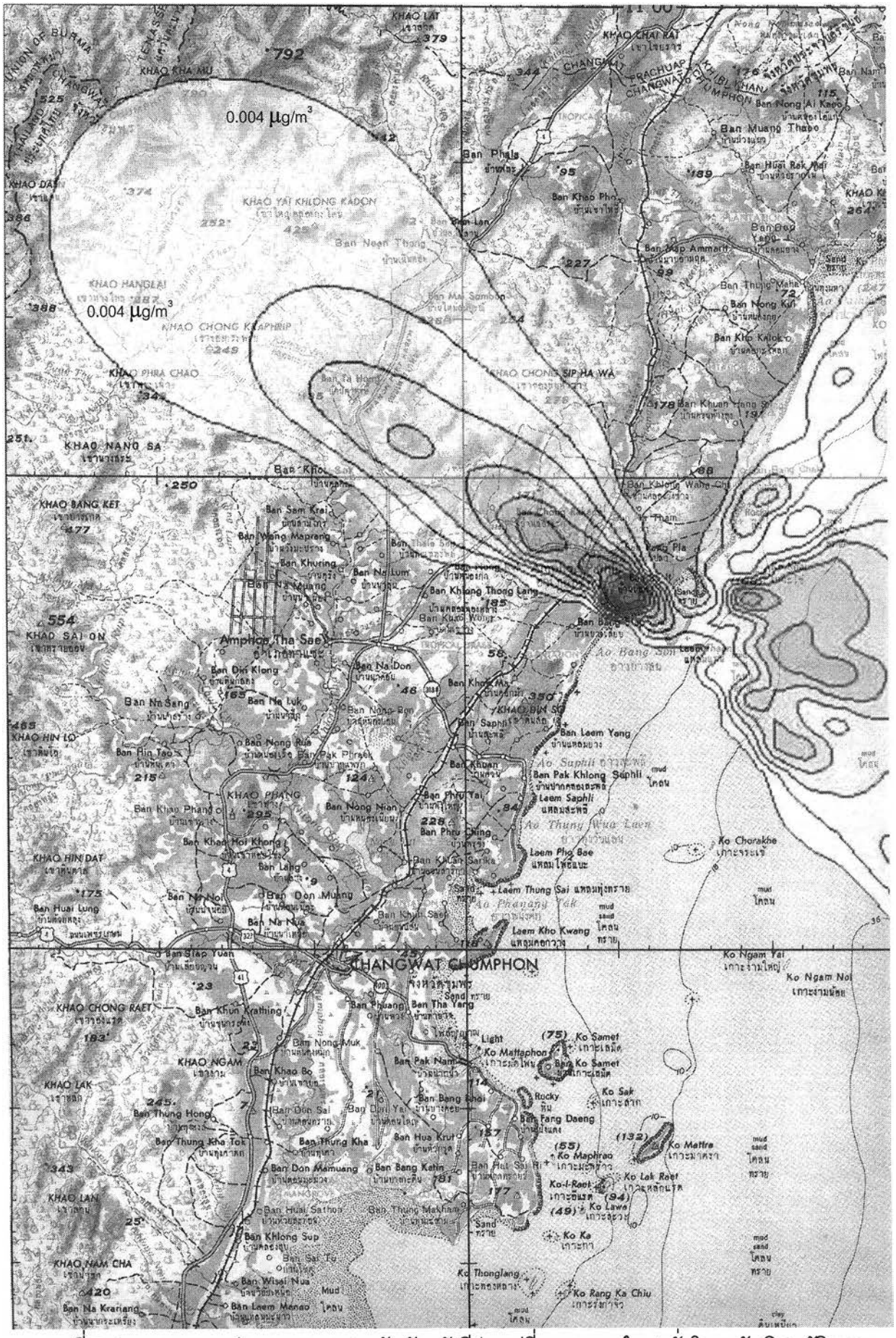
ภาพที่ 5-3 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูร้อนใน 3 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



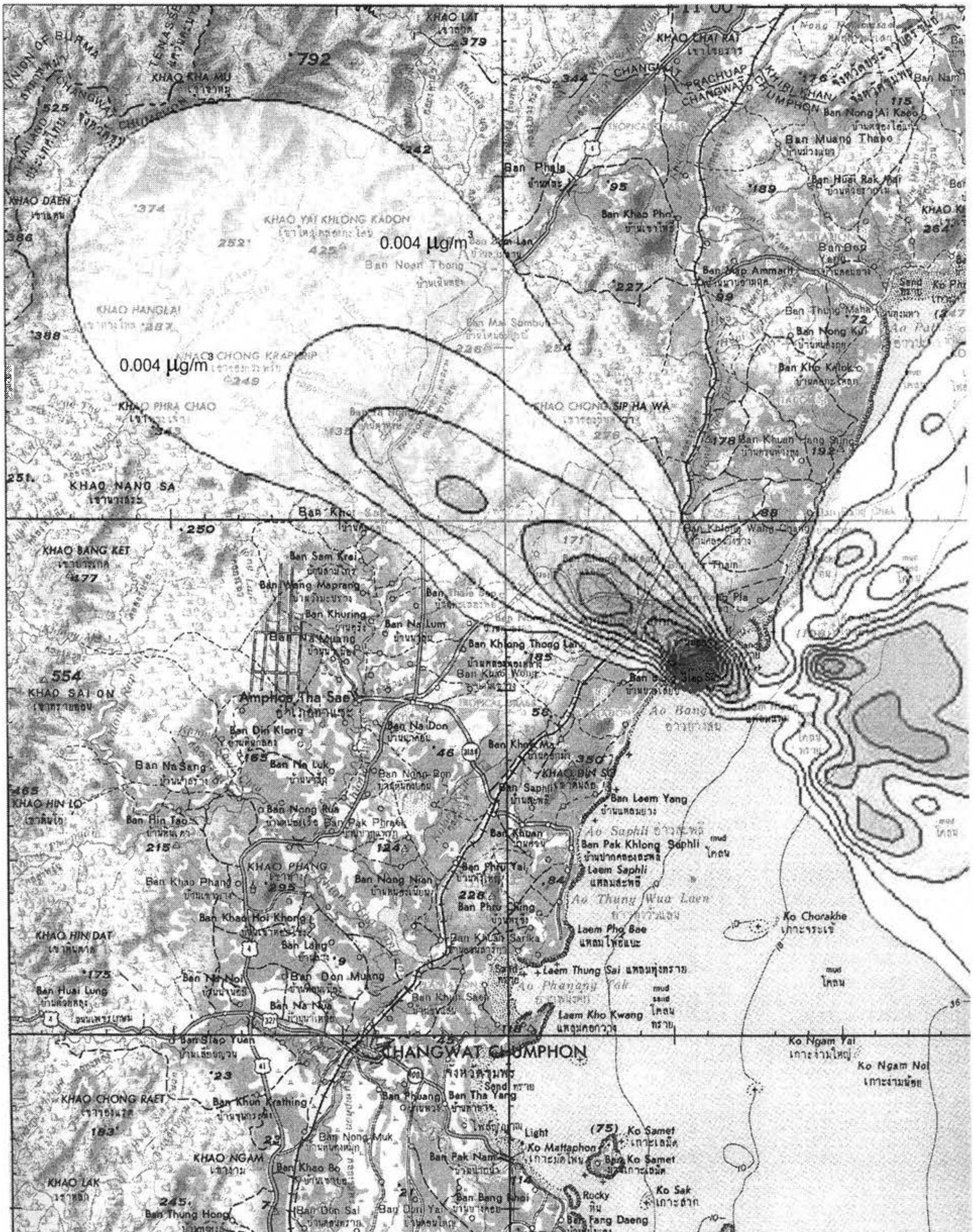
ภาพที่ 5-4 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูร้อนใน 4 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



ภาพที่ 5-5 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูร้อนใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ

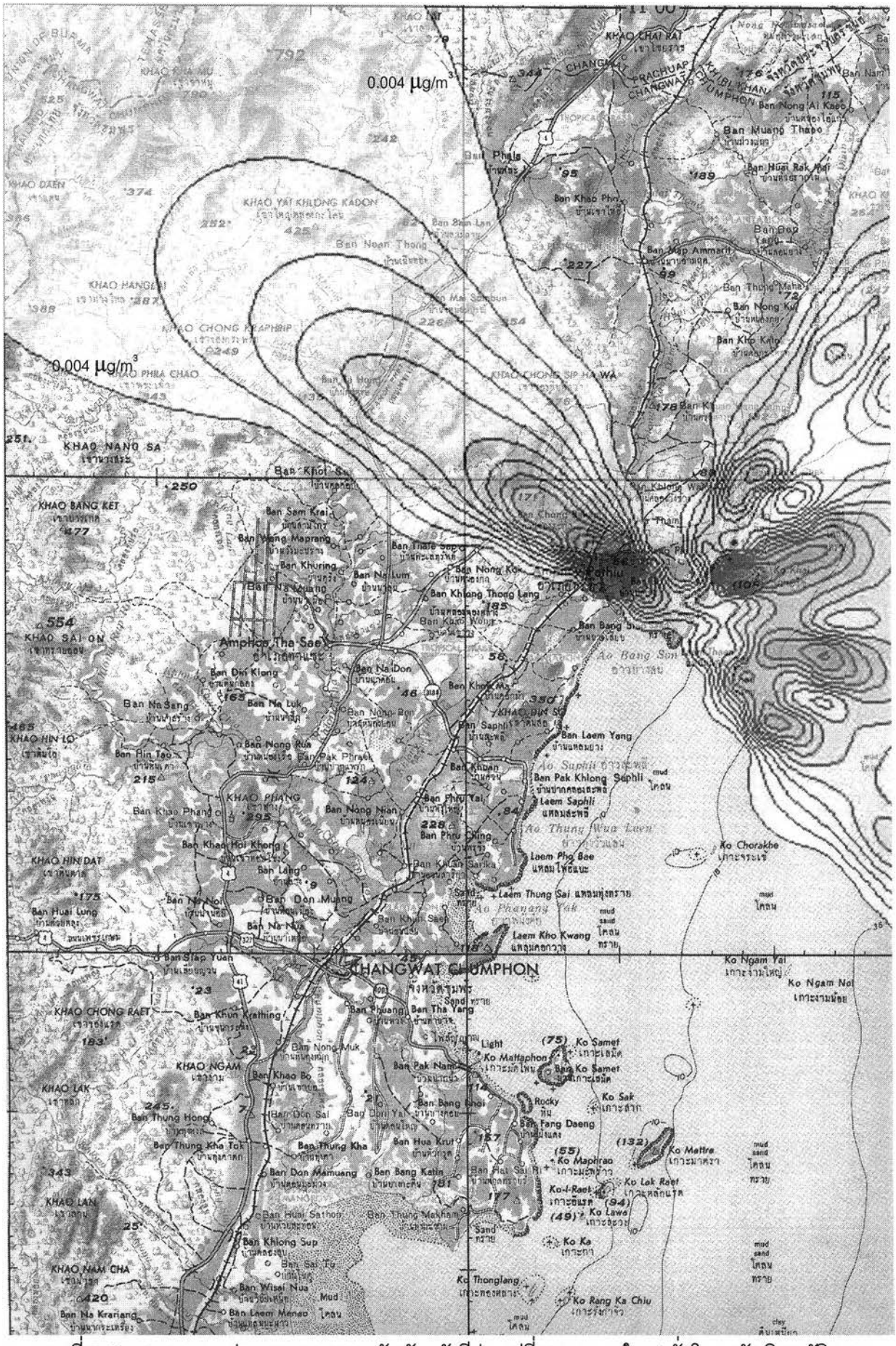


ภาพที่ 5-6 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงเปลี่ยนฤดูกาลใน 1 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ

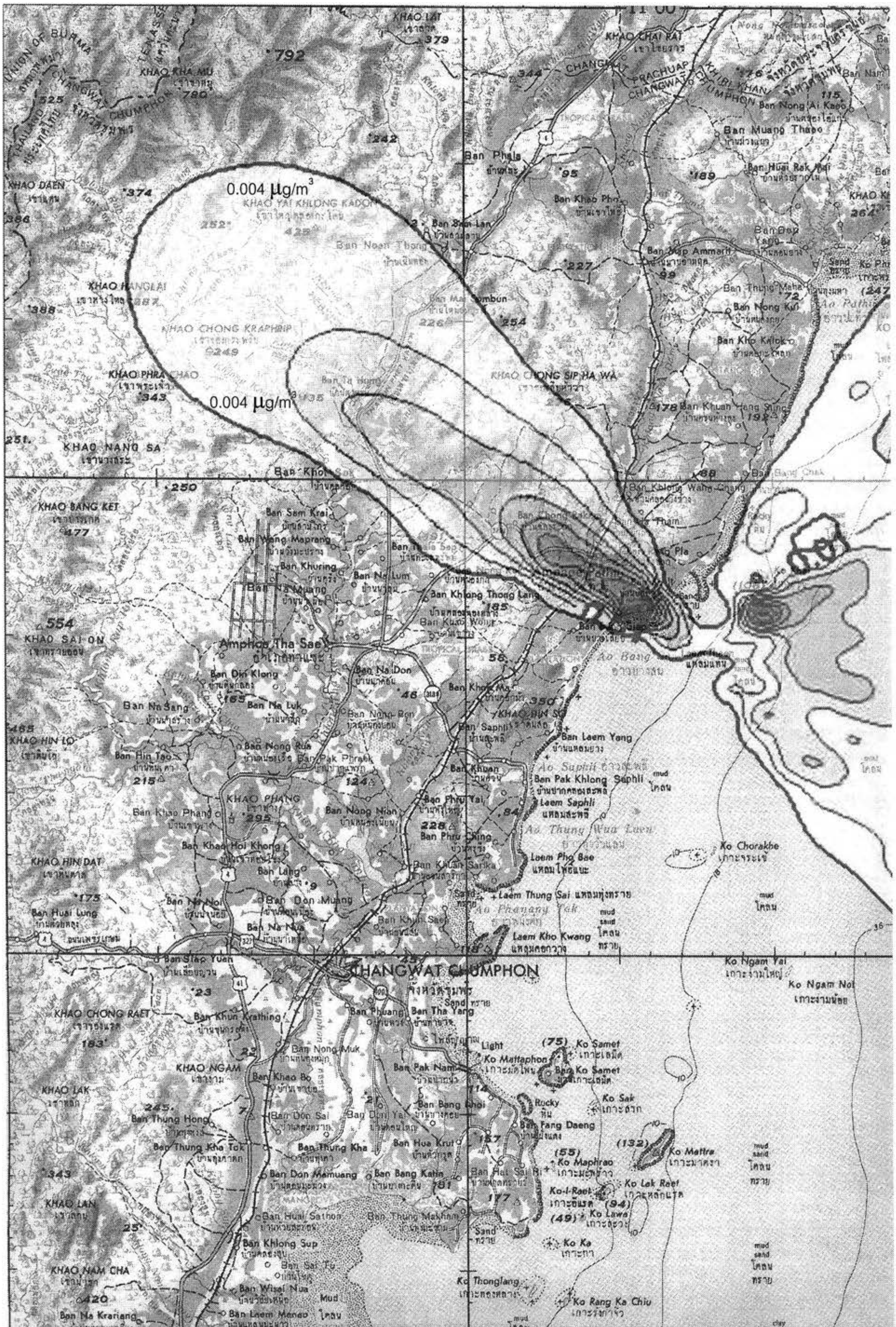


ภาพที่ 5-7 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงเปลี่ยนฤดูกาลใน 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ

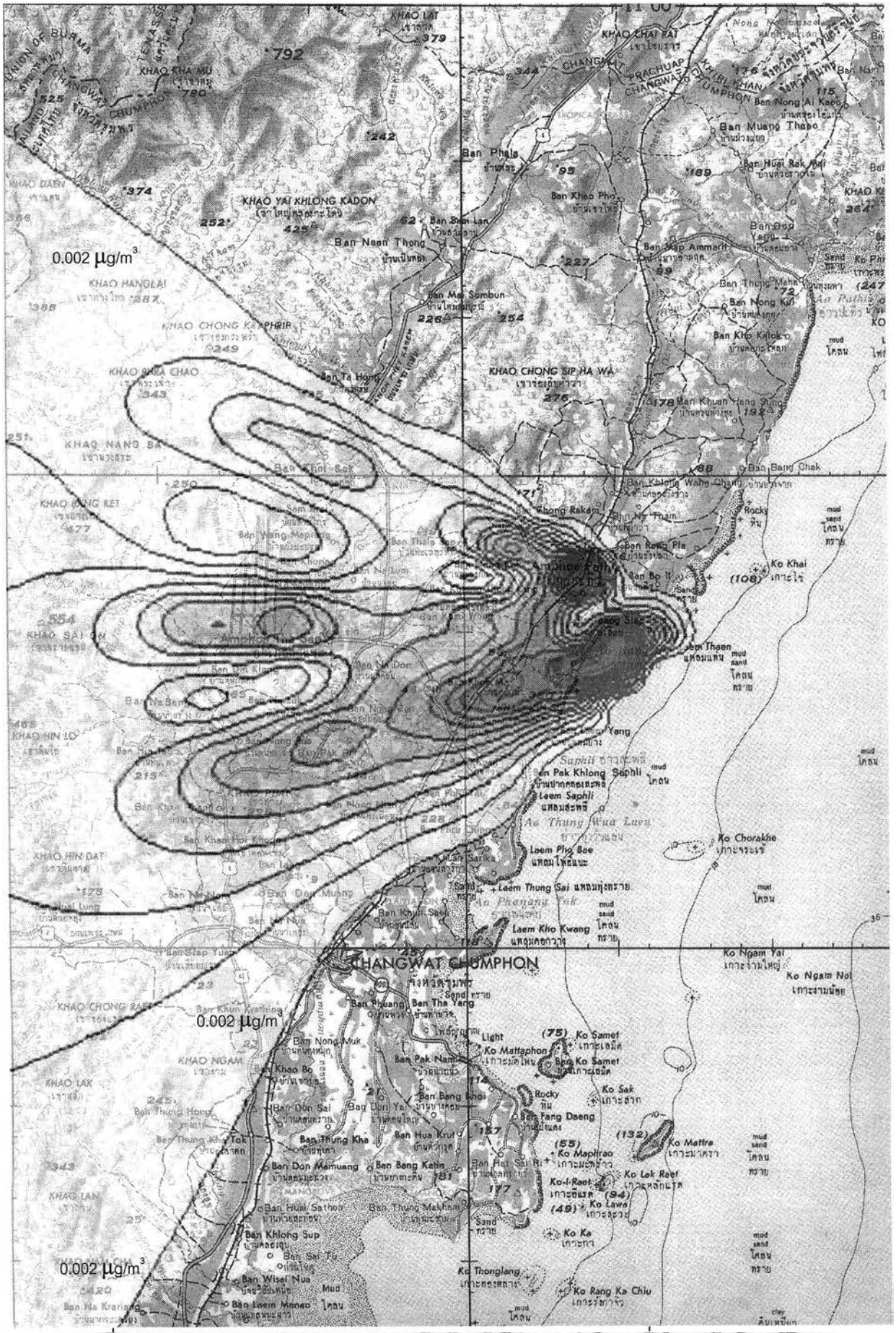
ภาพที่ 5-8 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงเปลี่ยนฤดูกาลใน 3 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



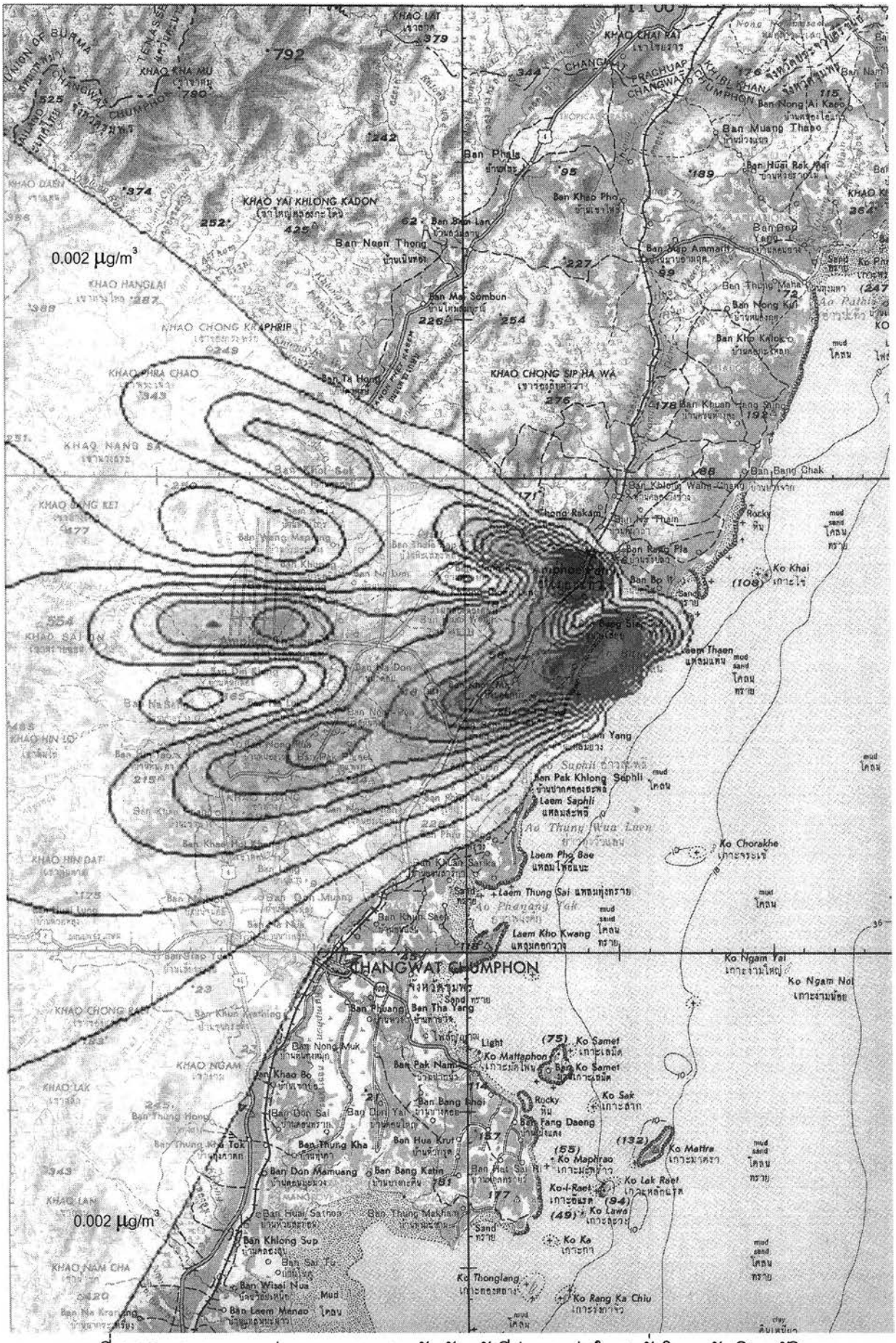
ภาพที่ 5-9 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงเปลี่ยนฤดูกาลใน 4 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



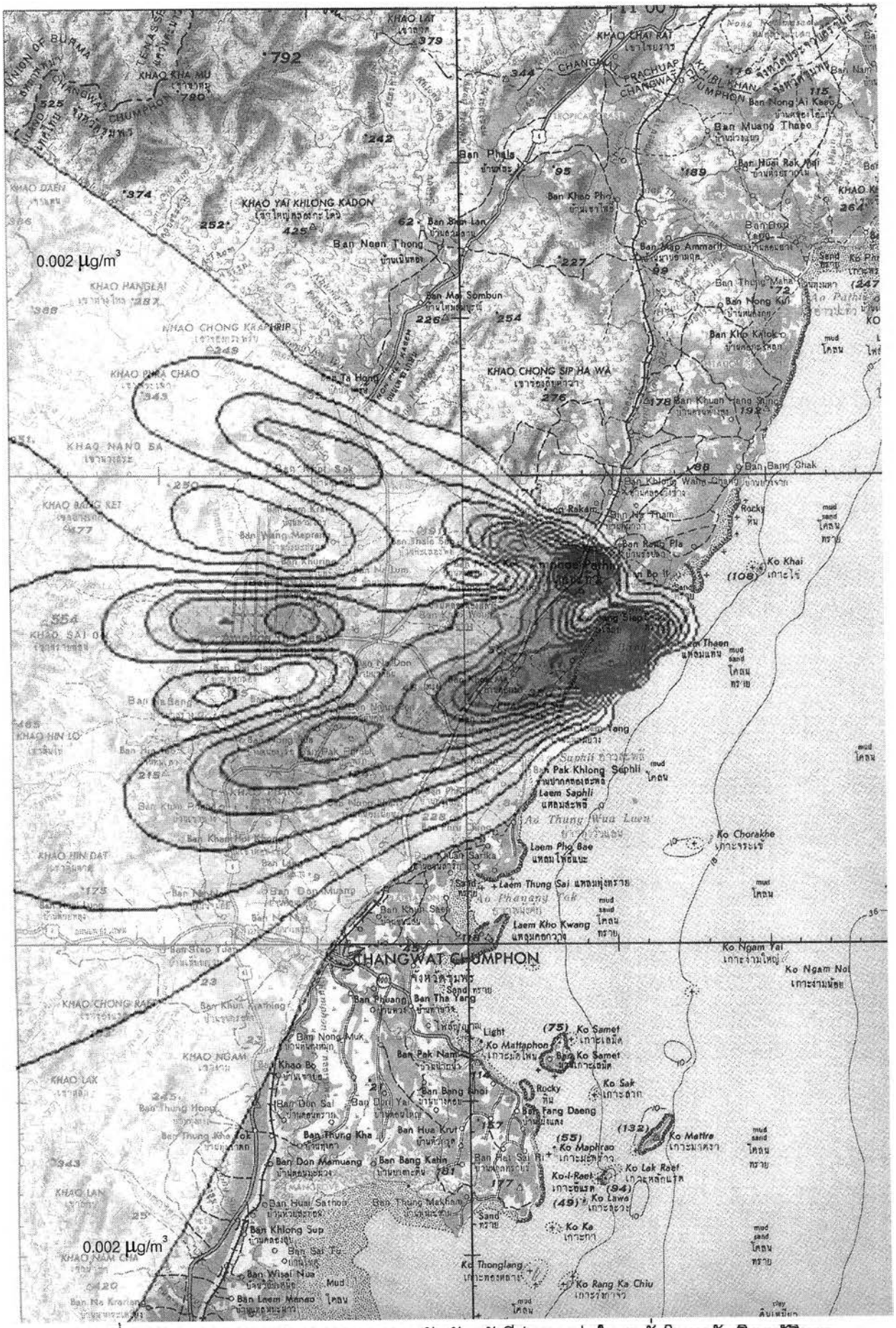
ภาพที่ 5-10 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงเปลี่ยนฤดูกาลใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



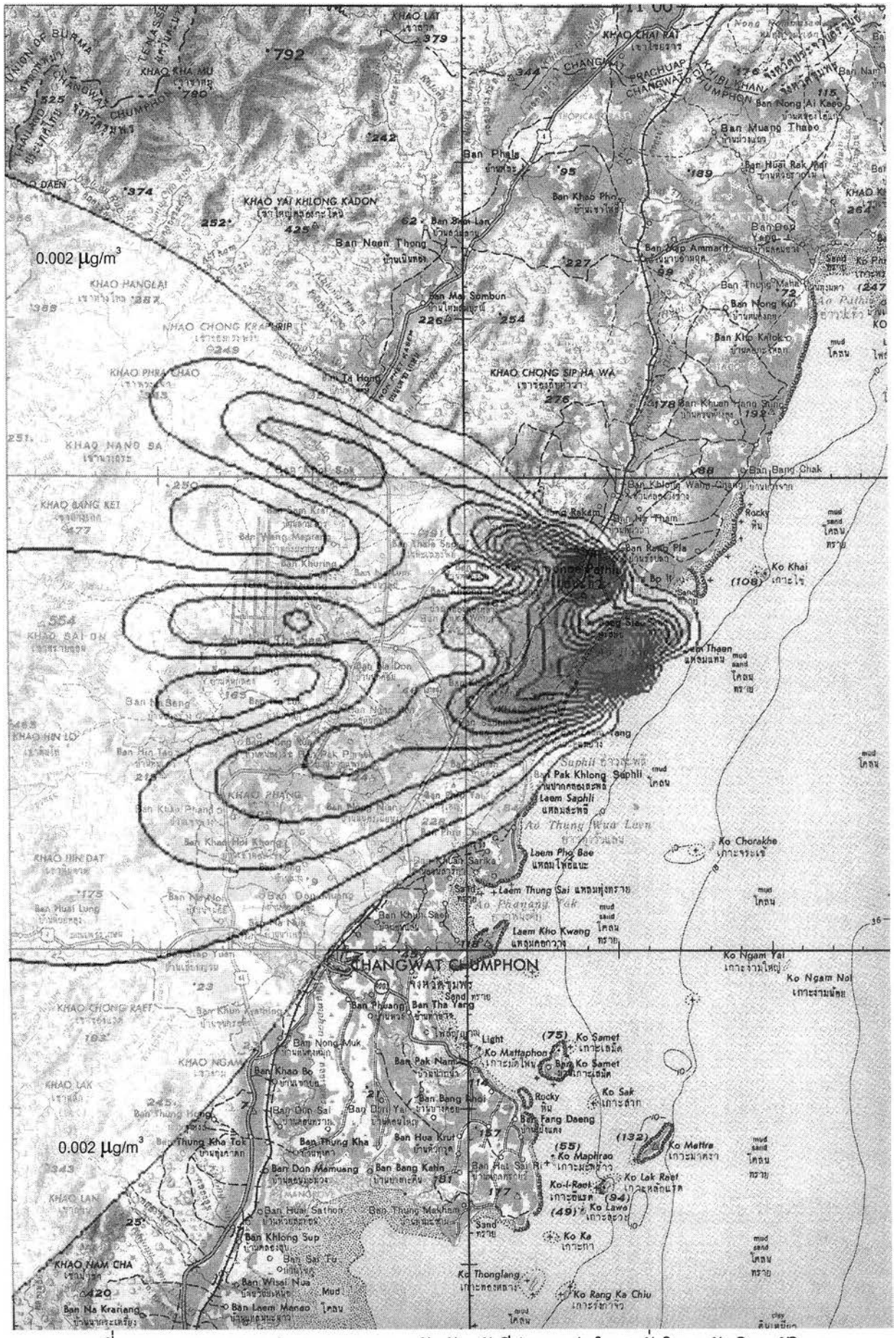
ภาพที่ 5-11 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูฝนใน 1 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



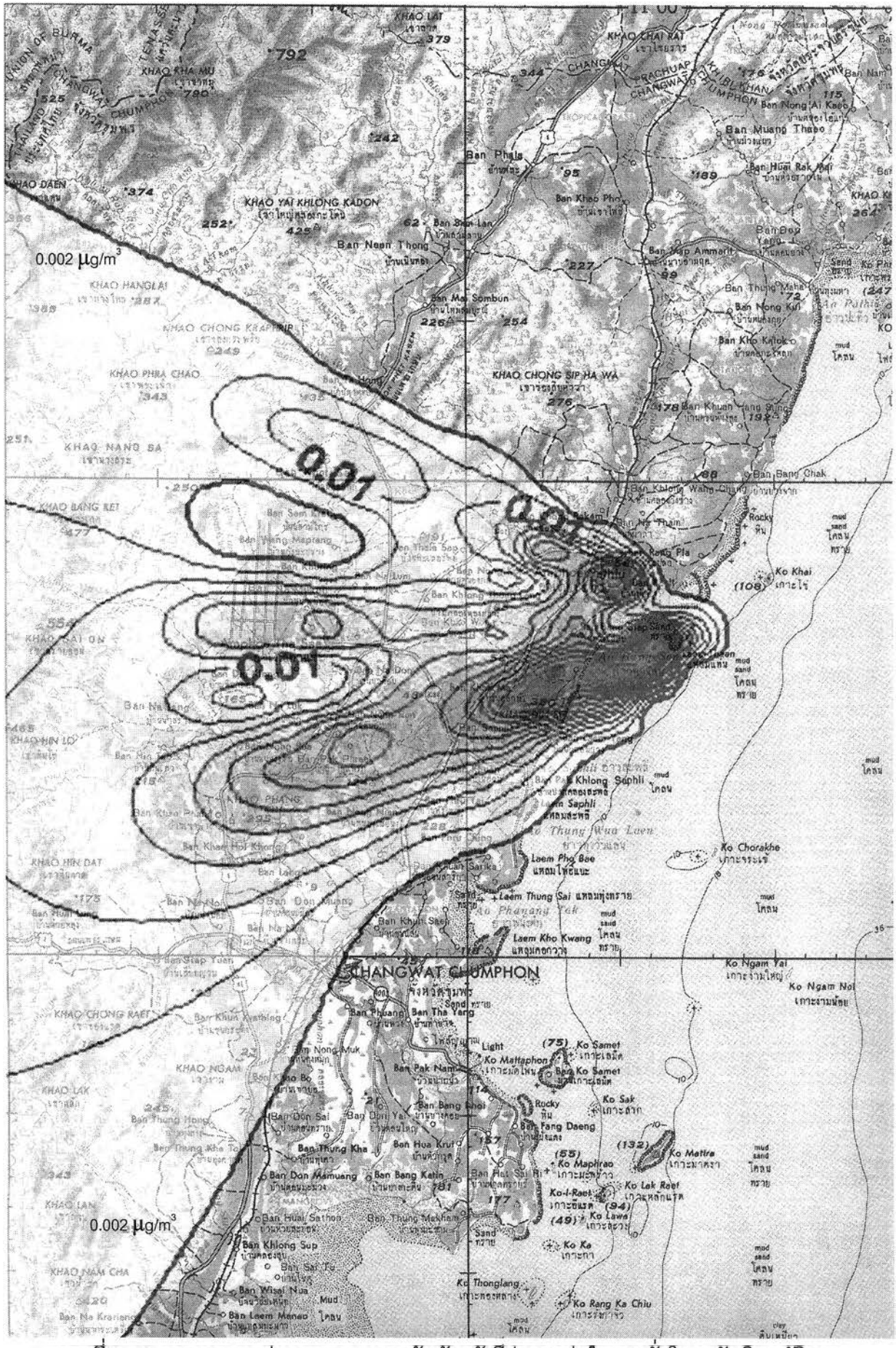
ภาพที่ 5-12 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูฝนใน 2 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



ภาพที่ 5-13 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูฝนใน 3 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



ภาพที่ 5-14 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูฝนใน 4 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ



ภาพที่ 5-15 แสดงการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีช่วงฤดูฝนใน 24 ชั่วโมงหลังเกิดอุบัติเหตุ

จากการจำลองเหตุการณ์ปรากฏว่า

ในช่วงฤดูร้อน การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีออกสู่บรรยากาศและร่วงลงมาสะสมอยู่ในระยะ 1 เมตรจากพื้นดินนั้น ครอบคลุมเขตอำเภอปะทิวและบางส่วนของอำเภอท่าแซะ โดยรูปแบบและทิศทางการแพร่กระจายค่อนข้างคงที่

ในเปลี่ยนช่วงฤดู การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีออกสู่บรรยากาศและร่วงลงมาสะสมอยู่ในระยะ 1 เมตรจากพื้นดินนั้น ส่วนใหญ่แพร่ออกสู่ทะเลจะมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เข้าสู่เข้าสู่เขตอำเภอปะทิวและอำเภอท่าแซะ โดยรูปแบบการแพร่กระจายมีลักษณะปั่นป่วนเนื่องจากการเปลี่ยนทิศทางของลม

ในช่วงฤดูฝน การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีออกสู่บรรยากาศและร่วงลงมาสะสมอยู่ในระยะ 1 เมตรจากพื้นดินนั้น ครอบคลุมเขตอำเภอปะทิว อำเภอท่าแซะ อำเภอเมืองชุมพร และมีแนวโน้มเข้าสู่สหภาพเมียนมาร์ โดยรูปแบบการแพร่กระจายมีลักษณะกินบริเวณกว้างกว่าการแพร่กระจายในฤดูร้อน

โดยภาพรวมจะเห็นได้ว่าทิศทางการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในแต่ละช่วงฤดูกาลมีแนวโน้มไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของลมในฤดูกาลนั้น ๆ

5.3 **ตัวอย่างการคำนวณปริมาณรังสีที่ได้รับ** (Dose Calculation)

ในทางปฏิบัติจริงค่าความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสี ณ จุดต่าง ๆ หลังจากการแพร่กระจายบนเส้น Contour Line สามารถคำนวณหาค่าปริมาณรังสีที่ประชาชนจะได้รับ ณ ตำแหน่งนั้น ๆ ได้ เช่น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

สมมุติว่าสารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาจากโรงไฟฟ้าประกอบด้วยธาตุต่างๆดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1สารกัมมันตรังสีที่แพร่กระจายออกมาจากโรงไฟฟ้า [11]

Nuclide	Half-life (sec)	$\bar{E}_\gamma$ (Mev)	$\bar{E}_\beta$ (Mev)
^{85m}Kr	15,840	0.15100	0.2230
^{85}Kr	339,327,360	0.00211	0.2230
^{87}Kr	4,560	1.37000	1.0500
^{88}Kr	10,044	1.74000	0.3410
^{133m}Xe	195,264	0.32600	0.1550
^{133}Xe	434,332,800	0.03000	0.1460
^{135m}Xe	942	0.42200	0.0974
^{135}Xe	33,120	0.24600	0.3220
^{131}I	694,656	0.37100	0.1970
^{132}I	8,208	2.40000	0.4480
^{133}I	74,880	0.47700	0.4230
^{134}I	3,138	1.94000	0.4550
^{135}I	24,120	1.78000	0.3080

*m คือ isomeric state

ปกติคนจะได้รับรังสีมาจาก 4 ทางได้แก่

1. External dose จาก กลุ่มควัน (plume)
2. Internal dose จาก การหายใจ
3. External dose จาก การตกลงสู่พื้น (deposited on ground)
4. External dose จาก การปนเปื้อนบนร่างกายและเสื้อผ้า (deposited on body and clothing)

สมมุติว่า ความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสี ณ จุดใด ๆ บนเส้น Contour Line เท่ากับ 0.002 μg/m^3 (air)

เนื่องจากมีสารกัมมันตรังสีหลายชนิดจึงแบ่งตัวประกอบตามน้ำหนักอะตอมส่วนน้ำหนักอะตอมรวม

พิจารณา ^{85m}Kr $\dfrac{atomic\ weight}{summation\ atomic\ weight} = \dfrac{84.91243}{1{,}544.90889} = 0.0550$ หรือ 5.5%

ดังนั้น ความแรงรังสีของ ^{85m}Kr คือ $A = \lambda N$

$$= \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} x \frac{(concentration)}{(atomic\ weight)} x\ 6.02\ x\ 10^{23}\ x\ atomic\ fraction$$

$$= \frac{\ln(2)}{(4.4x60x60)} x \frac{0.002x10^{-6}}{(85)} x\ 6.02x10^{23}\ x0.055 \qquad \frac{1}{\sec} x \frac{g}{m^3_{air}} x \frac{mole}{g} x \frac{atom}{mole}$$

$$= 34{,}103{,}103.135 \qquad \frac{atom}{\sec . m^3_{air}}$$

หารด้วย 3.7x 10^7 เพื่อแปลงเป็น Ci A = 0.922 Ci/m^3(air)

Dose จาก γ คือ $\dot{H} = 0.262\chi\bar{E}_\gamma$ rem/sec

= 0.262x0.922x0.151 = 0.0365 rem/sec

Dose จาก β คือ $\dot{H} = 0.229\chi\bar{E}_\beta$

= 0.229x0.922x0.223 = 0.047 rem/sec

รวม Dose จาก ^{85m}Kr = 0.0835 rem/sec

ผลรวมของปริมาณรังสีที่ได้รับจากสารกัมมันตรังสีทุกชนิดแสดงไว้ในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ผลรวมของปริมาณรังสีที่ได้รับจากสารกัมมันตรังสีทุกชนิด

Nuclide	Half-life (sec)	$\bar{E}_\gamma$ (Mev)	$\bar{E}_\beta$ (Mev)	A (atom/sec.m^3(air))	A (Ci/ m^3(air))	$\dot{H}_\gamma$	$\dot{H}_\beta$	total dose
^{85m}Kr	15,840	0.15100	0.2230	34,103,103.135	0.9217055	0.0364645	0.0470687	0.0835332
^{85}Kr	339,327,360	0.00211	0.2230	1,591.953	4.303E-05	2.379E-08	2.197E-06	2.221E-06
^{87}Kr	4,560	1.37000	1.0500	118,463,410.889	3.2017138	1.1492232	0.7698521	1.9190752
^{88}Kr	10,044	1.74000	0.3410	53,782,671.610	1.4535857	0.6626607	0.1135091	0.7761697
^{133m}Xe	195,264	0.32600	0.1550	2,766,475.918	0.0747696	0.0063862	0.0026539	0.0090402
^{133}Xe	434,332,800	0.03000	0.1460	1,243.731	3.361E-05	2.642E-07	1.124E-06	1.388E-06
^{135m}Xe	942	0.42200	0.0974	573,453,453.983	15.498742	1.7136029	0.3456932	2.0592962
^{135}Xe	33,120	0.24600	0.3220	16,310,179.760	0.4408157	0.0284115	0.0325049	0.0609163
^{131}I	694,656	0.37100	0.1970	777,641.241	0.0210173	0.0020429	0.0009482	0.0029911
^{132}I	8,208	2.40000	0.4480	65,813,006.049	1.7787299	1.1184654	0.1824835	1.3009488
^{133}I	74,880	0.47700	0.4230	7,214,117.971	0.1949762	0.024367	0.0188868	0.0432537
^{134}I	3,138	1.94000	0.4550	172,145,683.127	4.652586	2.3648164	0.4847762	2.8495926
^{135}I	24,120	1.78000	0.3080	22,396,067.730	0.6052991	0.2822873	0.042693	0.3249803
						7.3887282	2.0410728	9.4298009

$\sum_{n=1}^{13} \dot{H}_\gamma$ = 7.3887282 (rem/sec)

$\sum_{n=1}^{13} \dot{H}_\beta$ = 2.0410728 (rem/sec)

$\sum_{n=1}^{13} \left(\dot{H}_\gamma + \dot{H}_\beta\right)$ = 9.4298009 (rem/sec)