



การนำเทคโนโลยีด้านน้ำบาดาลของประเทศอิสราเอล
มาประยุกต์ใช้เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล

(Israel's Groundwater Technologies :
Application to Groundwater Management in Thailand)



กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



คำนำ

เอกสารฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอเทคโนโลยีด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศอิสราเอล จากการประชุมเจรจาความร่วมมือการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และการควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม (WATEC 2015 Conference and Bilateral Meeting on Water and Environment Management) ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 13-15 ตุลาคม 2558 ณ ประเทศอิสราเอล โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เพื่อให้บุคลากรกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและผู้ที่สนใจทุกท่านได้มีความรู้ถึงเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำในรูปแบบใหม่ การใช้เทคโนโลยีเพื่อการชลประทานขั้นสูง (Advanced Irrigation Techniques) การบำบัดน้ำเสีย (Water Treatment) การกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืด (Desalination) การบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงแนวปฏิบัติเกี่ยวกับความรับผิดชอบของกลุ่มผู้ใช้น้ำทั้งในระดับครัวเรือน อุตสาหกรรมและการเกษตร ผ่านการศึกษาและแลกเปลี่ยนความรู้ประสบการณ์ ความคิดเห็นกับนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญจากประเทศอิสราเอล

คณะผู้จัดทำหวังว่า เอกสารฉบับนี้จะเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและวิชาการในพื้นที่ที่ประสบปัญหาวิกฤตการณ์น้ำของประเทศไทย อาทิ พื้นที่จังหวัดระยอง ชลบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ และพื้นที่เกาะหลายแห่งของประเทศไทย รวมทั้ง พื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาที่ปัจจุบันกำลังประสบปัญหาภัยแล้ง สืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั่วโลก

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. ข้อมูลทั่วไป.....	1
2. สภาพทางธรณีวิทยาของประเทศอิสราเอล.....	5
3. อุทกธรณีวิทยาของประเทศอิสราเอล.....	8
4. การบริหารจัดการน้ำของประเทศอิสราเอล.....	10
5. โครงข่ายน้ำแห่งชาติ (The National Water Carrier).....	13
6. การเข้าร่วมการประชุมและจัดนิทรรศการด้านเทคโนโลยีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและ การควบคุมสิ่งแวดล้อม (WATEC Israel 2015)	17
6.1 ด้านการเติมน้ำลงใต้ดิน (Artificial Recharge).....	19
6.2 ด้านการบำบัดน้ำก่อนเข้าสู่โครงข่ายน้ำแห่งชาติ.....	21
6.3 ด้านการชลประทาน (Water Irrigation).....	25
6.4 ด้านการกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืด (Desalination).....	29
7. ประโยชน์ที่ได้จากการประชุมเจรจาและศึกษาดูงาน.....	32
8. ข้อเสนอแนะจากการประชุมเจรจาความร่วมมือการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและ การควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม (WATEC 2015 Conference and Bilateral Meeting on Water and Environment Management)	33
9. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทย.....	34

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปภาพที่ 1	แสดงอาณาเขตของประเทศอิสราเอล.....1
รูปภาพที่ 2	แสดงแผนที่ของประเทศอิสราเอล.....2
รูปภาพที่ 3	แสดงสภาพภูมิประเทศของประเทศอิสราเอล.....3
รูปภาพที่ 4	แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของประเทศอิสราเอลพร้อมสภาพพื้นที่.....4
รูปภาพที่ 5	แสดงลักษณะภูมิประเทศของประเทศอิสราเอล.....5
รูปภาพที่ 6	แสดงแผนที่ทางธรณีวิทยาของประเทศอิสราเอล.....7
รูปภาพที่ 7	แสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาของประเทศอิสราเอล.....9
รูปภาพที่ 8	แสดงโครงสร้างและหน้าที่ของบอร์ดการบริหารจัดการน้ำของประเทศอิสราเอล.....11
รูปภาพที่ 9	แสดงแผนภาพบอร์ดการบริหารจัดการน้ำของประเทศอิสราเอล.....12
รูปภาพที่ 10	แสดงแผนภาพหน้าที่ความรับผิดชอบหลักด้านการบริหารจัดการน้ำ.....12
รูปภาพที่ 11	แสดงแผนภาพการจัดสรรน้ำของประเทศอิสราเอล.....13
รูปภาพที่ 12	แสดงโครงข่ายน้ำแห่งชาติของประเทศอิสราเอล.....15
รูปภาพที่ 13	สัดส่วนการนำน้ำจากการบำบัดน้ำเสียมาใช้ของประเทศอิสราเอลเทียบกับ ประเทศอื่นๆ ทั่วโลก.....16
รูปภาพที่ 14	แสดงคณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ ที่งานที่เข้าร่วมการประชุมฯ18 ณ ศูนย์ประชุมและเทรดแฟร์ เมืองเทลอาวีฟ
รูปภาพที่ 15	แสดงบรรยากาศภายในงาน WATEC 2015.....19
รูปภาพที่ 16	แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาล (Groundwater Flow).....20
รูปภาพที่ 17	แสดงการเติมน้ำลงสู่บ่อน้ำบาดาลเพื่อบำบัดน้ำเสียและนำกลับขึ้นมาใช้ใหม่.....21
รูปภาพที่ 18	แสดงภาพโรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol) ของบริษัทเมโกรอท (Mekorot).....21
รูปภาพที่ 19	แสดงภาพอ่างเก็บน้ำตกตะกอน (The Sedimentation Reservoir).....22
รูปภาพที่ 20	แสดงท่อส่งน้ำในระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติ.....23
รูปภาพที่ 21	แสดงระบบการบำบัดน้ำของโรงงานเอชคอล (Eshkol)23
รูปภาพที่ 22	แสดงคณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ มาเยี่ยมชมโรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol)24
รูปภาพที่ 23	แสดงรูปแบบการชลประทานแบบหยดของประเทศอิสราเอล.....26
รูปภาพที่ 24	แสดงรูปแบบการชลประทานแบบฝังใต้ดินของประเทศอิสราเอล.....27
รูปภาพที่ 25	แสดงรูปแบบการชลประทานแบบพ่นน้ำของประเทศอิสราเอล.....27

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

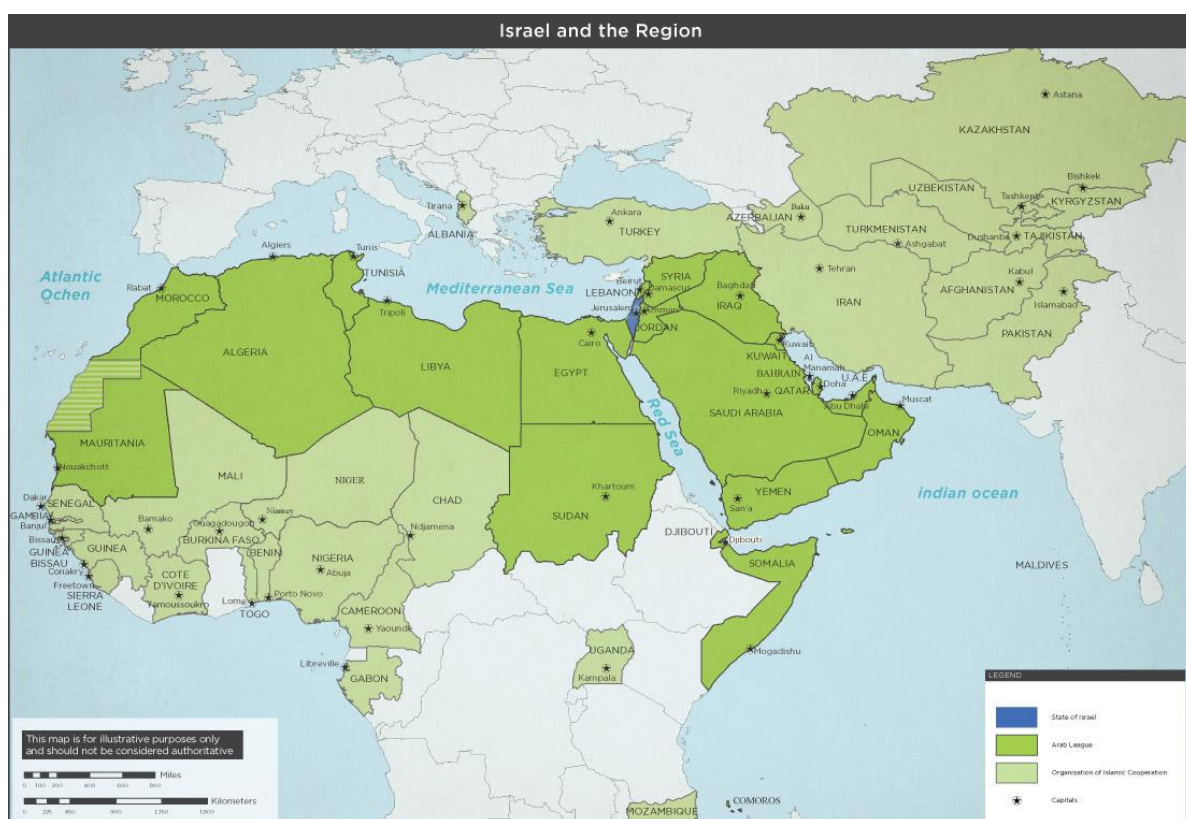
	หน้า
รูปภาพที่ 26 แสดงรูปแบบการชลประทานแบบฉีดน้ำของประเทศอิสราเอล.....	28
รูปภาพที่ 27 แสดงการเยี่ยมชมชุมชนเกษตรกรรมคิบบูตซ์ เมทเซอพลาส (Kibbutz Metzerplas) ... ของคณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ	29
รูปภาพที่ 28 แสดงขั้นตอนการกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืด (Desalination) อย่างง่าย.....	30
รูปภาพที่ 29 แสดงสถานที่ตั้งและศักยภาพโรงกลั่นน้ำทะเลของประเทศอิสราเอล.....	30
รูปภาพที่ 30 แสดงการเยี่ยมชมโรงงานกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืดแอชดอด (Ashdod)..... ของคณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ	31
รูปภาพที่ 31 แสดงปริมาณฝน (มิลลิเมตร) ของประเทศไทยในแต่ละภูมิภาค.....	35
รูปภาพที่ 32 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบชลประทานแบบฝังใต้ดิน.....	36
รูปภาพที่ 33 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล.....	37
รูปภาพที่ 34 แสดงศักยภาพน้ำบาดาลที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีข้อ 3 – 4.....	38
รูปภาพที่ 35 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด.....	39

1. ข้อมูลทั่วไป

ประเทศอิสราเอลเป็นประเทศในตะวันออกกลาง อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มีพรมแดนด้านเหนือติดต่อกับเลบานอนและซีเรีย ด้านทิศตะวันออกติดต่อกับจอร์แดนและด้านทิศใต้ติดต่อกับอียิปต์ ที่ตั้งของประเทศเป็นจุดเชื่อมต่อของสามทวีป คือ ยุโรป เอเชีย และแอฟริกา มีลักษณะรูปร่างของประเทศค่อนข้างแคบและยาว มีความยาวประมาณ 470 กิโลเมตร และมีส่วนกว้างที่สุดประมาณ 135 กิโลเมตร พื้นที่โดยรวมประมาณ 22,000 ตารางกิโลเมตร (เทียบเท่าจังหวัดนครราชสีมา) ซึ่งมีขนาดพื้นที่เล็กที่สุดในตะวันออกกลาง (รูปภาพที่ 1 และรูปภาพที่ 2)

ประเทศอิสราเอลมีจำนวนประชากรประมาณ 6 ล้านคน ร้อยละ 90 อาศัยอยู่ในเขตเมืองที่ทันสมัย แต่ก็มีบางส่วนที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองเก่า ส่วนประชากรอีกร้อยละ 6 อาศัยอยู่ในชนบท ประชากรมีอายุเฉลี่ย 79.46 ปี ชาวอิสราเอลมีหลายชาติพันธุ์ ทั้งชาวยิวและชนอาหรับพื้นเมือง รวมทั้งชาวยิวที่อพยพมาจากยุโรป แอฟริกา เอเชีย และประเทศตะวันออกกลางอื่นๆ ประชากรส่วนใหญ่ อาศัยอยู่ในเมืองใหญ่ๆ อาทิ เทลอาวีฟ เยรูซาเลมและไฮฟา ที่เหลือกระจายกระจายตามพื้นที่การเกษตรทั่วประเทศชาวอิสราเอล

การนับถือศาสนา ประชากรร้อยละ 82 นับถือศาสนายูดาห์ (Judaism) ร้อยละ 14 นับถือศาสนาอิสลาม (Islam) และร้อยละ 2 นับถือศาสนาคริสต์ (Christianity)



ที่มา : <http://mfa.gov.il/MFA/AboutIsrael/Maps/Pages/Israel-and-the-Region.aspx>

รูปภาพที่ 1 แสดงอาณาเขตของประเทศอิสราเอล



ที่มา : <http://i-winereview.com/blog/index.php/2011/01/22/the-wines-of-galilee-and-the-judean-hills-in-israel/>

รูปภาพที่ 2 แสดงแผนที่ของประเทศอิสราเอล

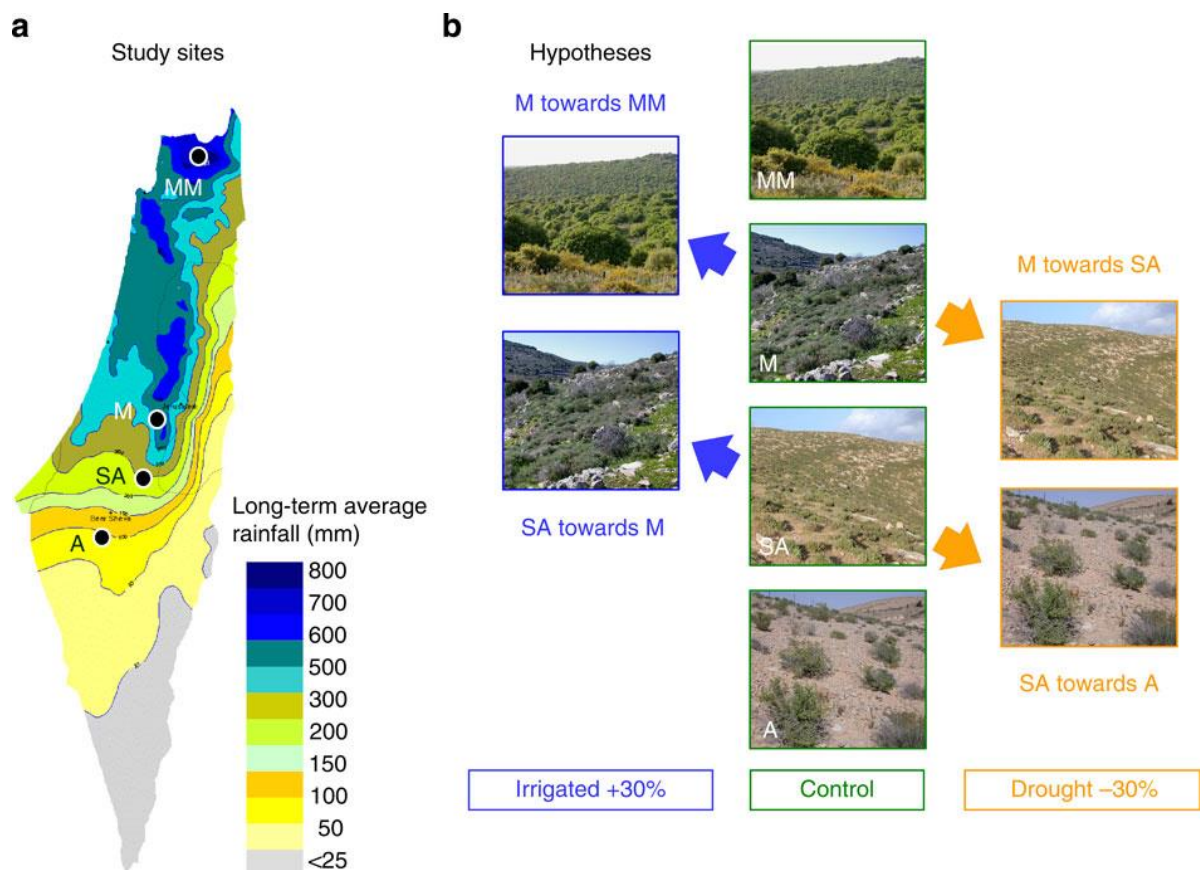
สภาพภูมิประเทศของอิสราเอลมีความหลากหลายทั้งที่ราบชายฝั่ง (ภาคตะวันตก) หุบเขาเทือกเขา (ภาคตะวันออก) และทะเลทราย (ภาคใต้) ทะเลสาบเดดซี (Dead Sea) บริเวณภาคใต้ถือเป็นจุดที่อยู่ต่ำสุดของโลก (ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล 427 เมตร) พื้นที่ทั้งหมดของประเทศเป็นพื้นที่แห้งแล้ง (Dryland) และกว่าร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งหมดเป็นทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) โดยเฉพาะพื้นที่ทางด้านตะวันออกและด้านทิศใต้ของประเทศ (รูปภาพที่ 3)



ที่มา : <http://www.mfa.gov.il/mfa/aboutisrael/land/pages/the%20land-%20geography%20and%20climate.aspx>
<http://www.mfa.gov.il/mfa/aboutisrael/land/pages/the%20land-%20nature.aspx>
<http://factslegend.org/25-interesting-dead-sea-facts/>

รูปภาพที่ 3 แสดงสภาพภูมิประเทศของประเทศอิสราเอล

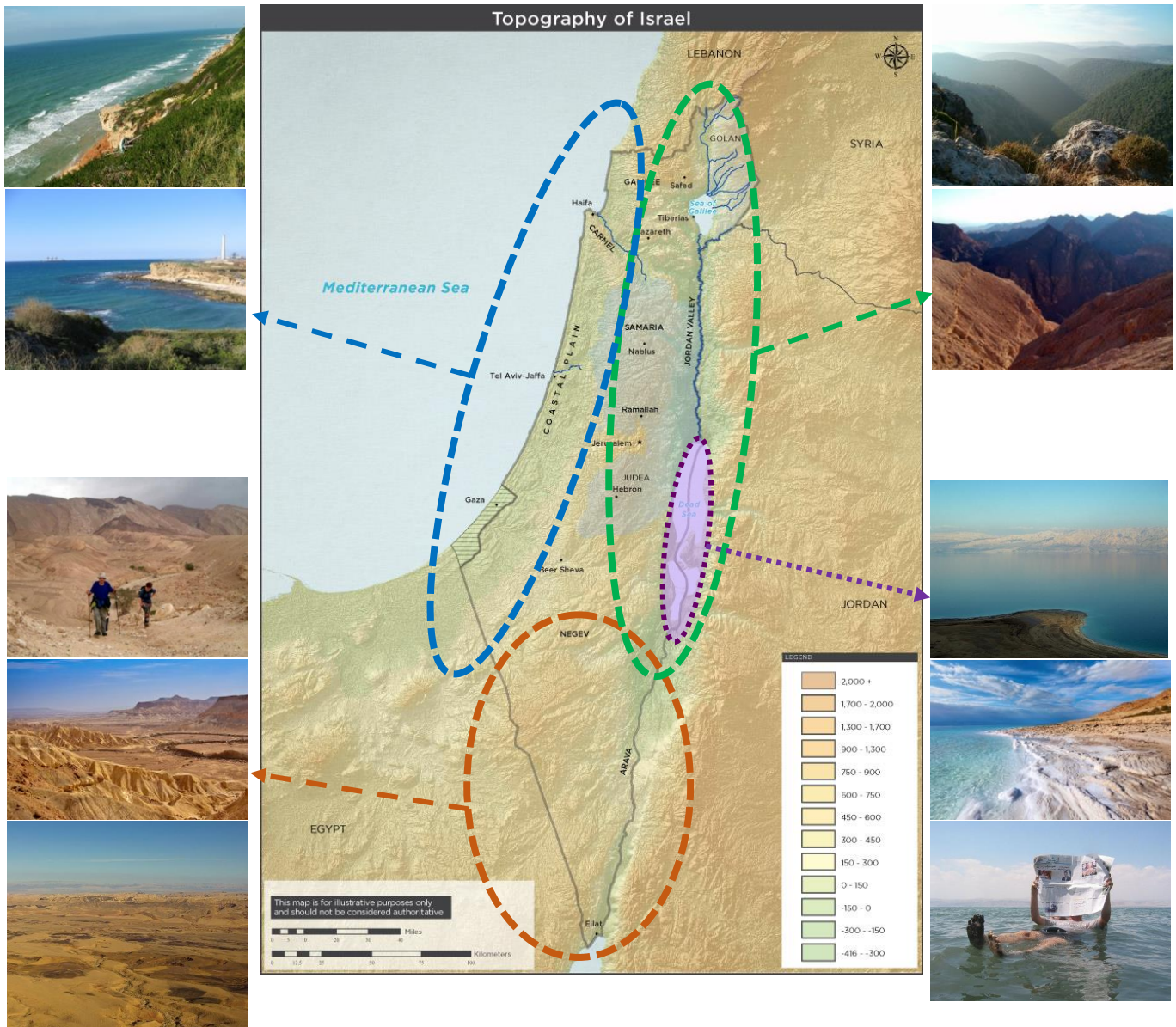
สภาพภูมิอากาศของประเทศอิสราเอลเป็นแบบผสมเนื่องจากมีภูมิประเทศที่หลากหลาย โดยตามชายฝั่งทะเลมีอากาศเย็นสบายแบบเมดิเตอร์เรเนียน ร้อนแห้งในฤดูร้อน เย็นปานกลาง และมีฝนตกเล็กน้อยในฤดูหนาว ตอนเหนือเป็นที่สูงจึงมีฝนตกชุกและอากาศหนาวเย็น ในขณะที่พื้นที่ทางตอนใต้และตะวันออกเป็นทะเลทราย มีอากาศร้อนและแห้งแล้ง อุณหภูมิเฉลี่ย ระหว่าง 8 – 36 องศาเซลเซียส ฝนตกประมาณปีละ 64 วัน และฝนจะตกไม่กระจายทั่วพื้นที่ โดยทั้งประเทศมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี อยู่ในเกณฑ์ประมาณ 200 – 500 มิลลิเมตร โดยทางตอนเหนือของประเทศ จะมีปริมาณน้ำฝนประมาณ 600 – 800 มิลลิเมตรต่อปี ส่วนทางตอนใต้ ปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 50 มิลลิเมตรต่อปี (รูปภาพที่ 4)



ที่มา : http://www.nature.com/ncomms/2014/141006/ncomms6102/fig_tab/ncomms6102_F1.html

รูปภาพที่ 4 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของประเทศอิสราเอลพร้อมสภาพพื้นที่

2. สภาพทางธรณีวิทยาของประเทศอิสราเอล



ที่มา : <http://mfa.gov.il/MFA/AboutIsrael/Maps/Pages/Topographical-map-of-Israel.aspx>

<http://www.bokertov.typepad.com/btb/page/947/>

<http://charmeck.org/city/charlotte/cic/getinvolved/sistercities/Pages/HadersIsrael.aspx>

https://en.wikipedia.org/wiki/Negev#/media/File:Israel-2013-Ein_Avdat_02.jpg

<https://en.wikipedia.org/wiki/Desert>

<http://factslegend.org/25-interesting-dead-sea-facts/>

<http://www.israelemb.org/washington/AboutIsrael/Land/Pages/LAND-Geography-Climate.aspx>

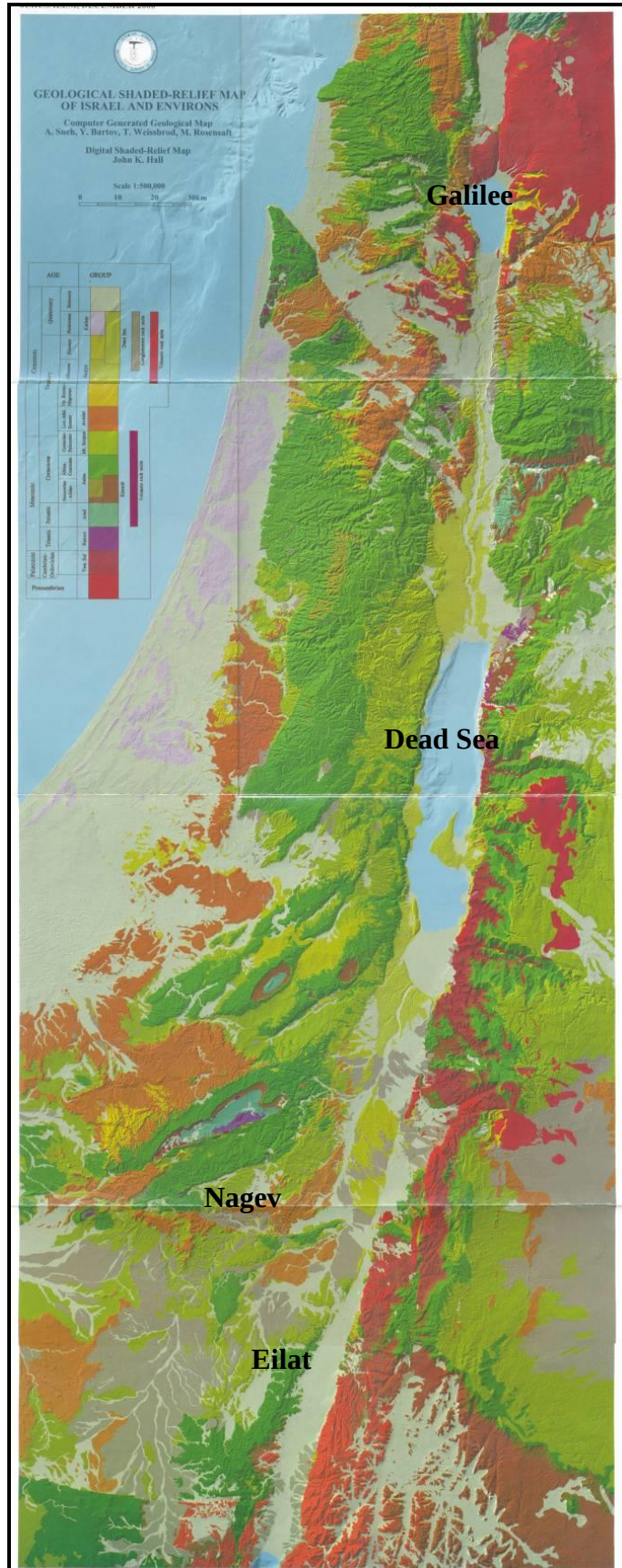
รูปภาพที่ 5 แสดงลักษณะภูมิประเทศของประเทศอิสราเอล

ลักษณะธรณีสัณฐานของอิสราเอลมีด้วยกัน 4 ส่วน คือ 1. ส่วนที่เป็นพื้นที่ราบ 2. ส่วนที่เป็นพื้นที่ภูเขาและเนินเขา 3. ส่วนที่เป็นทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) และ 4. ส่วนที่เป็นหุบเขายกตัว

1. ที่ราบชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มีพื้นที่กว้างความยาวประมาณ 200 กิโลเมตร เป็นแหล่งให้น้ำมากทั้งในบ่อน้ำบาดาลและน้ำพุ และมีพื้นที่ที่มีความยาวประมาณ 200 กิโลเมตร เป็นแหล่งเพิ่มเติม น้ำบาดาลให้กับพื้นที่ราบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ภูเขาและเนินเขาที่มีชั้นหินเอียงตัวมาทางทิศตะวันตก แอ่งอาเม็ต ยาซเรล (Emek Yizre'el) เป็นแอ่งอานม้าวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ ภายในแอ่งเป็นที่ราบชั้นตะกอนน้ำพา มีความหนาแน่นมาก และดินมีความอุดมสมบูรณ์มาก

2. พื้นที่ภูเขาและเนินเขา อยู่บริเวณด้านบนและด้านล่างของทะเลสาบกาลิลี (Galilee) เนินเขาซาแมเรีย (Samaria) และเนินเขาจูเดีย (Judea) ด้านบนของทะเลสาบกาลิลี (Galilee) เป็นภูเขาของเลบานอน เป็นที่ราบสูงหินปูน รู้จักกันในชื่อภูเขาเฮอร์มอน (Mount Hermon) มีความสูง 2,814 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ทางด้านล่างของทะเลสาบกาลิลี (Galilee) ฝั่งทิศใต้ มีภูเขาที่แตกแยกย่อยเป็นเนินเขาเล็กๆ มากมาย มีความสูงเล็กน้อยจนเกือบเป็นที่ราบ ทะเลสาบกาลิลี (Galilee) เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดในอิสราเอล มีทั้งน้ำพุและลำธารขนาดใหญ่มากกว่าในเนินเขาจูเดีย (Judea) ส่วนเนินเขาซาแมเรีย (Samaria) ถือว่าเป็นใจกลางประเทศอิสราเอล โดยอยู่ระหว่างแอ่งอาเม็ต ยาซเรล (Emek Yizre'el) กับที่ราบเนินเขาจูเดีย (Judea) เป็นส่วนที่เป็นเนินเขาและหุบเขา เนินเขาซาแมเรีย (Samaria) มีพื้นที่อยู่ระดับต่ำกว่า ทะเลสาบกาลิลี (Galilee) หรือ เนินเขาจูเดีย (Judea) และมีปริมาณน้ำฝนถึง 630,750 มิลลิเมตร แต่กลับไม่มีแหล่งน้ำผิวดินเลย ขอบเขตระหว่างเนินเขาซาแมเรีย (Samaria) กับเนินเขาจูเดีย (Judea) ไม่สามารถจำแนกได้ชัดเจน แต่อาจอยู่เหนือเยรูซาเล็มไปทางเหนือประมาณ 15 กิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ของเนินเขาจูเดีย (Judea) เป็นที่ราบสูง มีความสูงอยู่ระหว่าง 450 – 900 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะภูมิประเทศเป็นหินแห้งแล้ง ยอดเขาในพื้นที่เนินเขาจูเดีย (Judea) มีความสูงเกือบ 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีปริมาณน้ำฝนเกือบ 700 มิลลิเมตร แต่ฝั่งตะวันออกกลับแห้งแล้ง มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 300 มิลลิเมตร (รูปภาพที่ 6)

3. ทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) เป็นพื้นที่ทะเลทรายรูปสามเหลี่ยมขนาดใหญ่ ก่อนปี พ.ศ.2490 (ค.ศ.1947) พื้นที่ครึ่งหนึ่งเป็นของปาเลสไตน์และก่อนปี พ.ศ.2519 (ค.ศ.1976) พื้นที่มากกว่าร้อยละ 60 เป็นของอิสราเอล มีสันเขาและเนินเขาตัดผ่านใจกลางทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) ที่ความสูงระหว่าง 500 – 600 เมตร สูงชันเรื่อยๆ ไปทางชายแดนอียิปต์สูงกว่า 900 เมตร ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) มีฝนตกดีแต่ไม่สม่ำเสมอ ขณะที่ส่วนที่เหลือของทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) มีปริมาณน้ำฝนจาก 200 จนถึงน้อยกว่า 50 มิลลิเมตรของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี ทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของอิสราเอล เนื่องจากเป็นแหล่งแร่ที่สำคัญ เช่น คอปเปอร์ ฟอสเฟต แก๊สธรรมชาติ และทรายแก้ว (รูปภาพที่ 6)



รูปภาพที่ 6 แสดงแผนที่ทางธรณีวิทยาของประเทศอิสราเอล

4. หุบเขาจอร์แดน (Jordan) เป็นหุบเขายกตัวที่มีความยาวประมาณ 360 กิโลเมตร ตั้งอยู่ตอนเหนือของอิสราเอลและเป็นชุดแอ่งอานม้าที่ใหญ่ที่สุดในโลก มีแนวติดต่อกับแอฟริกาตะวันออกและตอนเหนือของซีเรีย มีความยาวทั้งหมดประมาณ 6,000 กิโลเมตร แม่น้ำอาระบา - จอร์แดน (Araba – Jordan) มีแนวการวางตัว 15 องศาตะวันออกจากอ่าวอะกาบา (Aqaba) ไปยังทะเลเดดซี (Dead Sea) และเป็นรูปแบบแอ่งอานม้าได้ ซึ่งมีความยาวโดยประมาณ 200 กิโลเมตร พื้นของหุบเขายกตัวขึ้นจากอ่าวอะกาบา (Aqaba) ไปที่ระดับ 250 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่จาบออล ออลริซา (Jabal al-Rishah) โดยจากตอนกลางของแม่น้ำอัลอาราบา (Al-Araba) พื้นเริ่มลดระดับลงไปทางเหนือไปจนถึงระดับพื้นผิวของทะเลเดดซี (Dead Sea) ที่ -400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ความลึกมากที่สุดของทะเลเดดซี (Dead Sea) อยู่ที่ -793 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 1,000 ตารางกิโลเมตร และมีด้วยกัน 2 แอ่ง โดยแบ่งเป็นแอ่งลิซาน (Lisan) และแอ่งสเตรทส์ (Straits) ให้ชื่อว่า ทะเลเหนือ และทะเลใต้ มีขนาดพื้นที่ 720 ตารางกิโลเมตรและ 230 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

หุบเขายกตัวเปลี่ยนแนวการวางตัวจาก 15 องศาตะวันออก ไปที่ 5 องศาตะวันออกที่ทะเลสาบทิเบเรียส (Tiberias) ในรูปแบบแอ่งอานม้าเหนือ จากปากแม่น้ำจอร์แดน (Jordan) ที่ระดับ -400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ที่ระยะความยาว 105 กิโลเมตรของแม่น้ำจอร์แดน (Jordan) พื้นของหุบเขายกตัวขึ้นมาถึง -212 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ที่ทะเลสาบทิเบเรียส (Tiberias) (The Sea of Galilee) แม่น้ำจอร์แดน (Jordan) ไหลไปในที่ราบของแอ่งอานม้าเหนือ แยกพื้นที่เวสต์แบงค์ (West Bank) ของปาเลสไตน์ไว้ทางตะวันตกและทรานส์จอร์แดน (Trans – Jordan) หรืออีสต์แบงค์ (East Bank) ไว้ทางตะวันออก

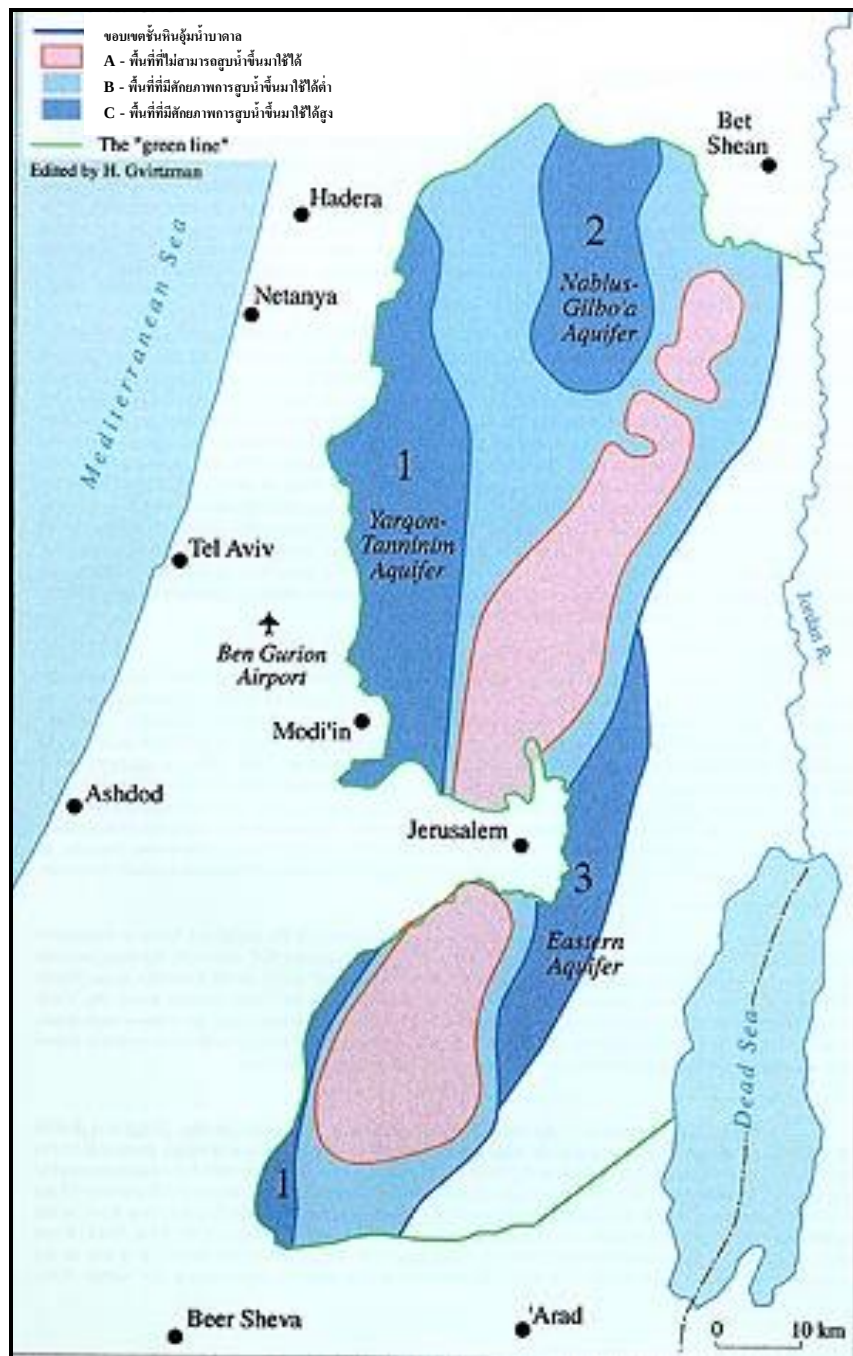
3. อุทกธรณีวิทยาของประเทศอิสราเอล

แหล่งน้ำบาดาลหลักของประเทศอิสราเอล เรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำภูเขา เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำบาดาลที่มีขนาดใหญ่ที่สุดและสำคัญที่สุดในอิสราเอล สามารถให้น้ำได้เฉลี่ยถึง 600 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี น้ำเหล่านี้มีคุณภาพดีมากและถูกส่งไปเพื่อการอุปโภคบริโภคยังบ้านเรือนในเยรูซาเล็ม เทลอาวีฟและเบียร์ชีวา (Beer Sheva) ซึ่งเป็น 3 เมืองใหญ่ที่เป็นศูนย์กลางของประเทศ และใช้ในการชลประทานในพื้นที่เกษตรกรรมขนาดใหญ่ตามที่ราบชายฝั่งด้วย เชิงเขา หุบเขาเบียร์ชีวา (Beer Sheva) หุบเขายิสเรเอล (Jezreel) และหุบเขาจอร์แดน (Jordan) แหล่งน้ำธรรมชาติต้องได้รับการดูแล โดยเฉพาะในยุคที่ต้องมีการกลั่นน้ำจืดจากน้ำทะเล

ศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาล แบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ (รูปภาพที่ 7) ดังนี้

- 1) พื้นที่ A เป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้ เนื่องจากบริเวณนี้เป็นยอดเขา แสดงในแผนที่ด้วยสีแดง

- 2) พื้นที่ B มีศักยภาพการสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้ต่ำ เนื่องจากความหนาของชั้นอิมตัวด้วยน้ำไม่เกิน 200 เมตร อีกทั้งปริมาณน้ำที่สามารถสูบน้ำขึ้นมาใช้ได้มีปริมาณน้อยกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พื้นที่นี้แสดงไว้ในแผนที่เป็นสีฟ้าอ่อน
- 3) พื้นที่ C เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพการสูบน้ำขึ้นมาได้สูง เนื่องจากความหนาของชั้นที่อิมตัวด้วยน้ำมีความหนาระหว่าง 200 – 600 เมตร ซึ่งน้ำที่สูบได้อาจมีปริมาณถึง 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พื้นที่นี้แสดงในแผนที่ด้วยสีน้ำเงิน



ที่มา : <http://apjp.org/the-water-crisis/>

รูปภาพที่ 7 แสดงแผนที่อุทกธรณีวิทยาของประเทศอิสราเอล

ดังนั้น ชั้นหินอุ้มน้ำภูเขา จึงแบ่งออกได้ 3 พื้นที่ดังที่ปรากฏในรูปภาพที่ 7 โดยหมายเลข 1 – 3 แทนระดับความสำคัญ ดังนี้

พื้นที่หมายเลข 1 : ชั้นหินอุ้มน้ำภูเขาของแอ่งด้านตะวันตก เรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำเยคอน – ทานนิม (Yarqon – Tanninim) ในแอ่งนี้สามารถให้น้ำได้เฉลี่ย 340 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนมากใช้ในบ้านเรือนในเยรูซาเล็มที่มีประชากร 2.5 ล้านคน เมืองเทลอาวีฟและเมืองที่เป็นศูนย์กลางของประเทศ (ปัจจุบันชาวปาเลสไตน์ใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น 20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี) แอ่งนี้มีความสำคัญอันดับหนึ่ง และชาวปาเลสไตน์ก็ไม่ยอมให้มีการเจาะมากไปกว่านี้ ขอบเขตของแอ่งนี้ลากไว้ด้วยเส้นสีน้ำเงินและมีพื้นที่ทับซ้อนกับพื้นที่ชุมชนชาวอิสราเอลด้วย

พื้นที่หมายเลข 2 : แอ่งด้านเหนือ เรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำแนบลัส – กิลโบอา (Nablus – Gilboa) แอ่งนี้สามารถให้น้ำได้เฉลี่ย 115 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนมากใช้ในการชลประทานเพื่อการเกษตรกรรมในชุมชนคิบบูตซ์ (kibbutzim) และชุมชนโมชาฟ (moshavim) ในหุบเขาทางเหนือ (ชาวปาเลสไตน์ใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น 25 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี) จากสถิติประชากรศาสตร์ บริเวณนี้เป็นพื้นที่หนึ่งที่มีชุมชนชาวปาเลสไตน์อยู่หนาแน่น (โดยเฉพาะในแอ่งแนบลัส (Nablus) และแอ่งเจนิ (Jenin)) และอิสราเอลก็ไม่สามารถที่จะไปผูกขาดแต่เพียงผู้เดียวได้ อย่างไรก็ตามข้อตกลงในการใช้ประโยชน์จากชั้นหินอุ้มน้ำนี้จะต้องเห็นชอบด้วยกันทั้งสองฝ่าย

พื้นที่หมายเลข 3 : เป็นพื้นที่ที่ต้องสูบน้ำจากแอ่งด้านตะวันออก ชั้นหินอุ้มน้ำนี้จ่ายน้ำให้ประมาณ 40 ล้านลูกบาศก์เมตรให้กับชุมชนเกษตรกรรมชาวอิสราเอลในหุบเขาจอร์แดน (ชาวปาเลสไตน์ใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น 60 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี) ชั้นหินอุ้มน้ำนี้มีความสำคัญน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นแหล่งน้ำให้กับชาวปาเลสไตน์เป็นส่วนมากและเป็นแหล่งจ่ายน้ำให้กับชาวอิสราเอลในปริมาณน้อย (วัตถุประสงค์แรกเพื่อการเกษตรกรรม) แต่อย่างไรก็ตามข้อตกลงในการใช้ประโยชน์จากชั้นหินอุ้มน้ำนี้จะต้องทำความเข้าใจกัน

ปริมาณน้ำที่ใช้ในประเทศของอิสราเอลกว่าร้อยละ 60 – 70 มาจากแหล่งน้ำบาดาล โดยในแต่ละปีมีปริมาณการสูบน้ำมาใช้กว่า 2,000 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

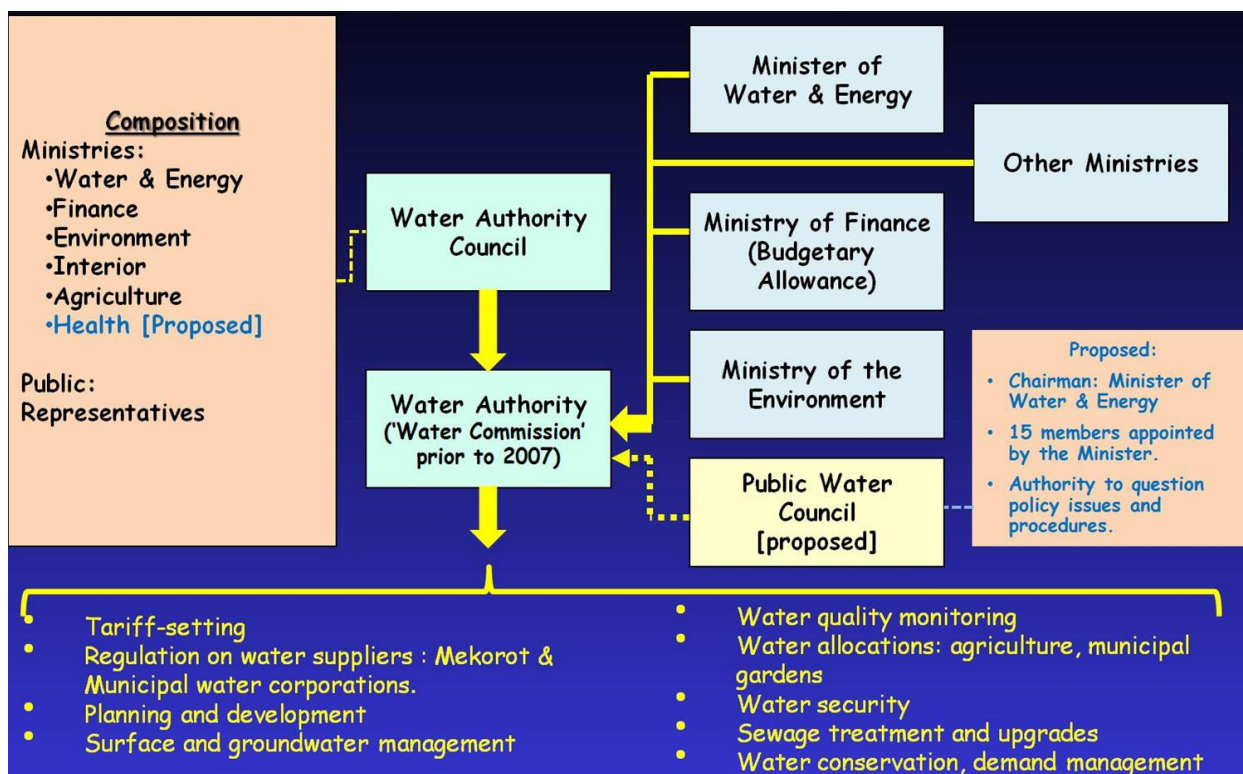
4. รูปแบบการบริหารจัดการน้ำของประเทศอิสราเอล

การบริหารจัดการน้ำของอิสราเอล มีลักษณะในรูปของบอร์ดบริหารจัดการน้ำ (Water Authority Board) โดยมีอำนาจสิทธิ์ขาดแต่เพียงผู้เดียวในการตัดสินใจดำเนินการใดๆ ก็ตามอันเกี่ยวเนื่องกับการจัดสรรน้ำให้กับส่วนต่างๆ ที่ใช้น้ำทั้งในประเทศและต่างประเทศ (ปาเลสไตน์และจอร์แดน) และให้มั่นใจว่าน้ำมีมาตรฐานคุณภาพที่เหมาะสมและสามารถมีน้ำใช้อย่างยั่งยืน (รูปภาพที่ 8)

บอร์ดบริหารจัดการน้ำ (Water Authority Board) (รูปภาพที่ 9) ประกอบด้วย

- 1) ผู้แทนจากหน่วยงานภาครัฐ ได้แก่ กระทรวงเกษตร กระทรวงโครงสร้างพื้นฐาน พลังงานและน้ำ กระทรวงมหาดไทย กระทรวงสิ่งแวดล้อม และกระทรวงการคลัง

- 2) ตัวแทนจากภาคประชาชน เพื่อร่วมกันตัดสินใจกำหนดนโยบายต่างๆ ของประเทศ
- หน้าที่หลักขององค์กรบริหารจัดการน้ำ (Water Authority) จะรับผิดชอบใน 3 ด้าน (รูปภาพที่ 10) ดังนี้
1. ด้านการกำหนดนโยบายและข้อบังคับต่างๆ ในการบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ โดยบอร์ดจะคัดเลือกมาจากผู้มีประสบการณ์ด้านน้ำเป็นหลัก มีอำนาจในการตัดสินใจที่เด็ดขาด เพื่อกำหนดนโยบายให้เป็นธรรมและครอบคลุมทุกๆ มิติ
 2. ด้านการเงิน เพื่อพิจารณาการตั้งราคาค่าน้ำให้มีความเป็นธรรมต่อผู้รับผิดชอบการจัดสรรน้ำให้รัฐและประชาชนของประเทศ
 3. ด้านมาตรฐานการบริการ เพื่อให้มั่นใจว่ารัฐบาลมีการวางแผนเพื่อการพัฒนาในระบบโครงสร้างสาธารณูปโภคที่จำเป็น (อาทิ โรงงานบำบัดน้ำเสีย โรงงานกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด) และให้ทุกภาคส่วนมีความมั่นใจว่าได้รับน้ำคุณภาพที่ดีตามมาตรฐาน

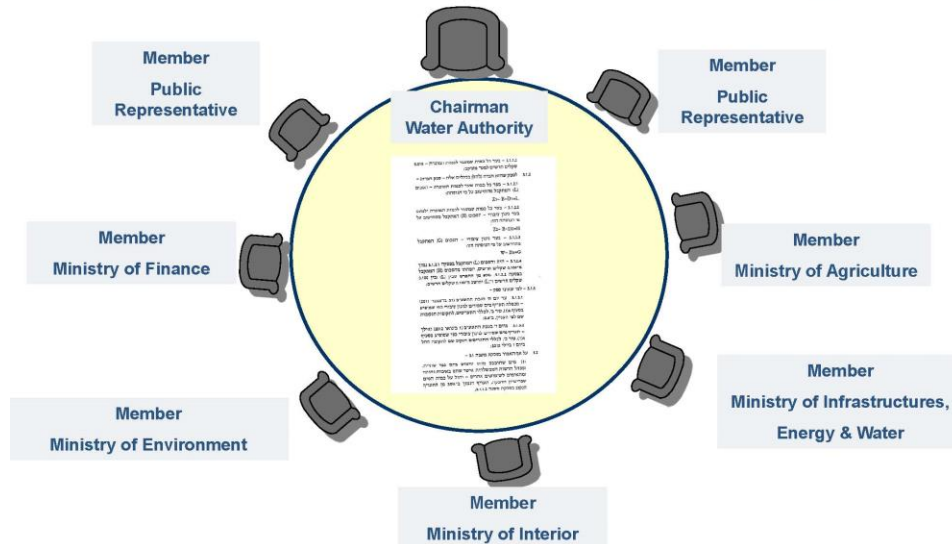


ที่มา : <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/02-Israel%20Water%20Sector%20-%20IWRM%20Model.pdf>

รูปภาพที่ 8 แสดงโครงสร้างและหน้าที่ของบอร์ดการบริหารจัดการน้ำของประเทศอิสราเอล

Water Authority Board

ONE table for decision making



ที่มา : <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/02-Israel%20Water%20Sector%20-%20IWRM%20Model.pdf>

รูปภาพที่ 9 แสดงแผนภาพบอร์ดการบริหารจัดการน้ำของประเทศอิสราเอล



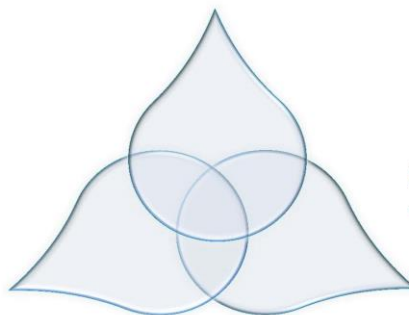
Regulation:

- One decision making regulatory body
- Professional (not political) level
- Integrative approach



Finance:

- Cost recovery for suppliers
- Fairness and uniformity for consumers



Service Standards:

- Investments in infrastructure
- High quality standards for end users

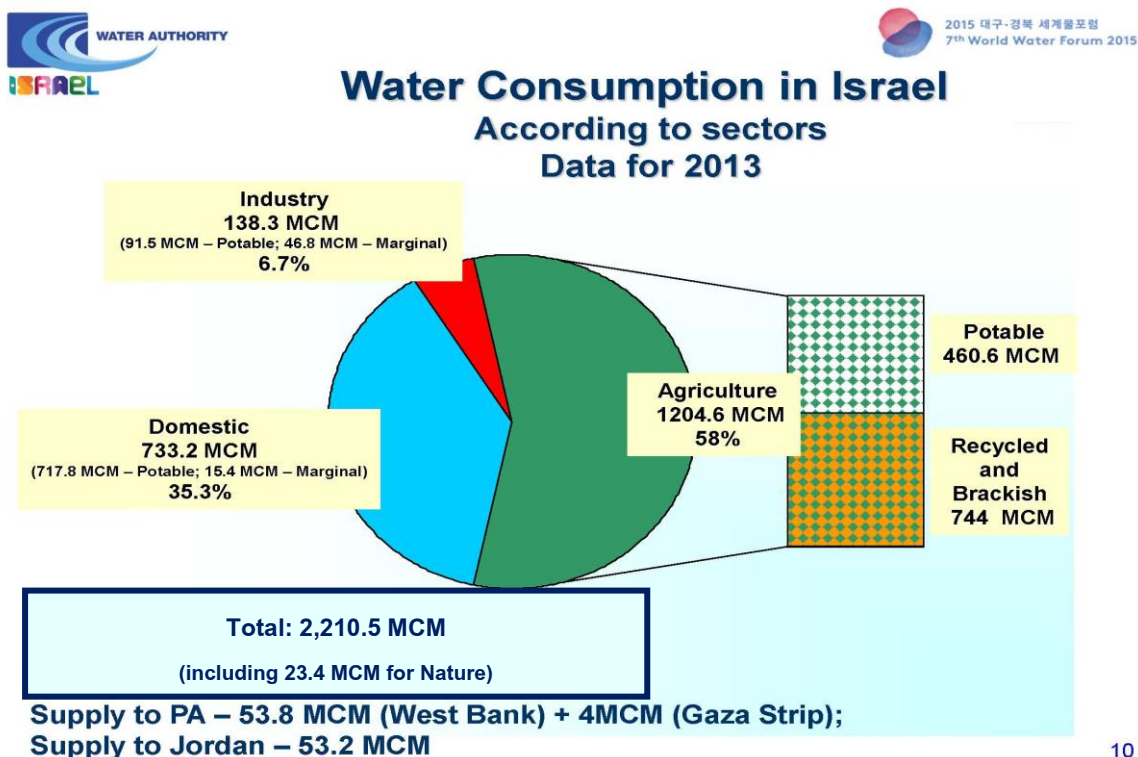
Governance Pillar

ที่มา : <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/02-Israel%20Water%20Sector%20-%20IWRM%20Model.pdf>

รูปภาพที่ 10 แสดงแผนภาพหน้าที่ความรับผิดชอบหลักด้านการบริหารจัดการน้ำ

ในส่วนของการจัดสรรน้ำ (ยกตัวอย่างในปี พ.ศ.2556 (ค.ศ.2013)) บอร์ดบริหารจัดการน้ำ จะจัดสรรน้ำ 2,210.5 ล้านลูกบาศก์เมตร ให้กับ 5 ภาคส่วนหลัก (รูปภาพที่ 10) ดังนี้

1. ภาคเกษตรกรรม เป็นภาคหลักที่ใช้น้ำมากที่สุดของประเทศ ประมาณร้อยละ 58 โดยแบ่งเป็นน้ำมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม 460.6 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และน้ำที่มาจากกระบวนการนำมาใช้ใหม่ หรือจากบ่อน้ำบาดาลกร่อย จำนวน 744 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
2. ภาคประชาชนที่ใช้น้ำตามครัวเรือน (ใช้มากเป็นอันดับสอง) ประมาณร้อยละ 35.5 ของประเทศ คิดเป็นปริมาณน้ำประมาณ 733.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
3. ภาคอุตสาหกรรม (ใช้มากเป็นอันดับสาม) ประมาณร้อยละ 6.7 ของประเทศ คิดเป็น ปริมาณน้ำประมาณ 138.3 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
4. การจัดสรรน้ำสำหรับประเทศเพื่อนบ้าน ได้แก่ เวสต์แบงก์ จอร์แดน ฉนวนกาซ่า จำนวน ประมาณ 111 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
5. การจัดสรรน้ำสำหรับระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติ ประมาณ 23.4 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี



10

รูปภาพที่ 11 แสดงแผนภาพการจัดสรรน้ำของประเทศอิสราเอล

5. โครงข่ายน้ำแห่งชาติ (The National Water Carrier)

โครงข่ายน้ำแห่งชาติ (NWC) เป็นโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่เกิดจากวิสัยทัศน์ ซึ่งบริษัทเมโกรอต (Mekorot) ใช้เวลาก่อสร้างมากกว่า 2 ทศวรรษ การก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์ในปี พ.ศ.2507 (ค.ศ.1964) เป็นเครือข่ายน้ำเพียงหนึ่งเดียวที่เชื่อมต่อกับโครงการจัดการน้ำทั่วทั้งประเทศมากที่สุด โครงข่ายน้ำแห่งชาติสามารถจ่ายน้ำได้ถึง 450 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี วัตถุประสงค์ของโครงข่ายน้ำแห่งชาติ

ครั้งแรกนั้นจะส่งน้ำเพื่อการชลประทานในพื้นที่ตอนใต้และตอนกลางของประเทศอิสราเอล แต่เมื่อต้นปี พ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) เป็นต้นมามีการส่งน้ำมากกว่าครึ่งไปเพื่อการบริโภค (รูปภาพที่ 12)

แนวคิดต่อมาของ ระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติ (NWC) คือการรวบรวมน้ำ จากแหล่งน้ำจืด 3 แห่งในอิสราเอล คือ ทะเลสาบกาลิลี (Galilee) และแอ่งกักเก็บน้ำของทะเลสาบกาลิลี (Galilee) ชั้นหินอุ้มน้ำภูเขาและชั้นหินอุ้มน้ำชายฝั่ง เพื่อจัดหาให้กับพื้นที่แห้งแล้งทางตอนใต้ของประเทศ ในทางปฏิบัติแล้ว ทะเลสาบกาลิลี (Galilee) เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติแห่งแรกของระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติและเป็นแหล่งน้ำให้กับพื้นที่ตอนกลางของอิสราเอลที่มีประชากรหนาแน่น เช่นเดียวกับตอนใต้ของประเทศ ยิ่งไปกว่านั้น ระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติ ยังใช้น้ำจากชั้นหินอุ้มน้ำที่มีการเติมน้ำและน้ำบาดาลเพื่อลดการสูญเสียน้ำผ่านการระเหยของแหล่งน้ำผิวดิน

ทะเลสาบกาลิลี (Galilee) ครอบคลุมพื้นที่ 168 ตารางกิโลเมตร และกักเก็บน้ำไว้ถึง 4 พันล้านลูกบาศก์เมตร โดยรับน้ำในปริมาณ 520 ล้านลูกบาศก์เมตร จากแม่น้ำจอร์แดน จากแม่น้ำแดน (The Dan) ในปริมาณ 250 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี จากแม่น้ำสแนร์ (Snir) ในปริมาณ 150 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และจากแม่น้ำเฮอร์มอน (Hermon) ในปริมาณ 120 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามาจากทั้งลุ่มน้ำประมาณ 850 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากทะเลสาบ 300 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนที่ยังเหลืออยู่สามารถสูบไปใช้ได้ ซึ่งสูบเข้าระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติ ประมาณ 400 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี

เส้นทางของระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติ มีทั้งภูเขา แม่น้ำ พื้นที่ที่เต็มไปด้วยหิน ซึ่งต้องการทำชุดอุโมงค์และก่อสร้างท่ออากลิ้นน้ำ (Siphons) น้ำจะถูกส่งผ่านคลองน้ำเปิดไปเป็นระยะทาง 35 กิโลเมตร ท่ามกลางการแก้ปัญหาเพื่อส่งน้ำจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ด้วยการพัฒนาเครื่องสูบน้ำ อุปกรณ์เครื่องจักรและศูนย์ควบคุม

น้ำผ่านเข้าระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติทางระบบท่อ ซึ่งจุ่มอยู่ใต้น้ำทางด้านเหนือของทะเลสาบแล้วไหลเข้าไปยังสถานีสูบน้ำ ซึ่งสถานีสูบน้ำนี้ตั้งอยู่ในถ้ำภายในภูเขา ประกอบไปด้วยเครื่องสูบน้ำขนาด 30,000 แรงม้า จำนวน 3 เครื่อง เพื่อส่งน้ำเข้าสู่ท่อแรงดันโดยท่อแรงดันจะส่งน้ำจากระดับ 213 เมตรใต้ระดับน้ำทะเลขึ้นไปยัง 44 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล การขุดอุโมงค์และการก่อสร้างสถานีสูบน้ำขนาดใหญ่เป็นงานที่ซับซ้อนที่สุดของโครงการก่อสร้างโครงข่ายน้ำแห่งชาติ

น้ำที่ไหลผ่านระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติจะไหลลงสู่คลองจอร์แดนเป็นระยะทาง 17 กิโลเมตร จากนั้นจะเข้าสู่คลองของสถานีสูบน้ำทซาลมอน (Tsalmon) ซึ่งมีอ่างเก็บน้ำที่มีความจุถึง 1 ล้านลูกบาศก์เมตร สถานีสูบน้ำทซาลมอน (Tsalmon) จะยกระดับน้ำขึ้น 115 เมตร เข้าสู่คลองเบิต เนโทฟา (Beit Netofa) มีระยะทาง 17 กิโลเมตร ส่งน้ำไปยังอ่างเก็บน้ำของโรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol) ซึ่งจะมีการกำจัดตะกอน เติมสารคลอรีน และทดสอบคุณภาพน้ำ จากนั้นน้ำจะถูกส่งเข้าระบบท่อเป็นระยะทาง 86 กิโลเมตรไปยังระบบยะคอน - เนเกฟ (Yarqon - Negev) ที่รอส ฮาอายีน (Rosh Ha'ayin) ในระหว่างเส้นทาง

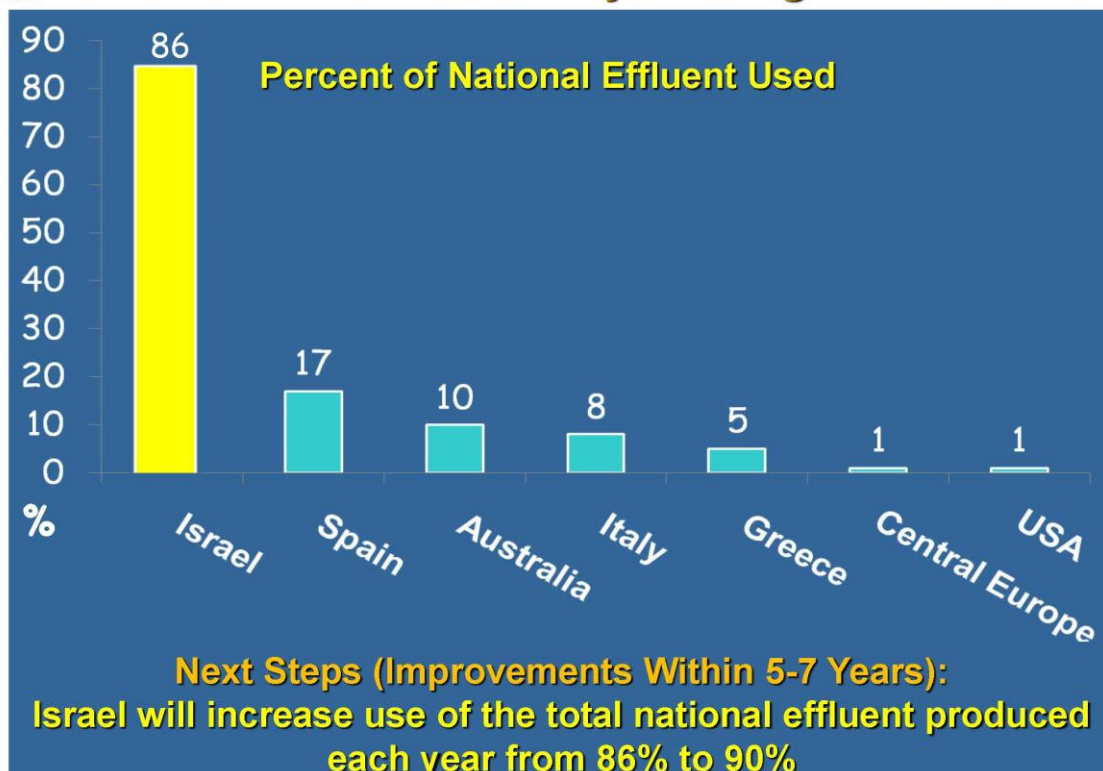
มีอุโมงค์อยู่หลายแห่งซึ่งเป็นความสำเร็จทางวิศวกรรมหลายๆ ส่วนเพิ่มสถานีสูบน้ำไว้ด้วย เพื่อเพิ่มความสามารถของระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติ



ที่มา : http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/israel_national_water_system-map.pdf

รูปภาพที่ 12 แสดงโครงข่ายน้ำแห่งชาติของประเทศอิสราเอล

Effluent Quantity for Irrigation:



ที่มา : <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/02-Israel%20Water%20Sector%20-%20IWRM%20Model.pdf>

รูปภาพที่ 13 สัดส่วนการนำน้ำจากการบำบัดน้ำเสียมาใช้ของประเทศอิสราเอลเทียบกับประเทศอื่นๆ ทั่วโลก

บริษัทเมโกรอท (Mekorot) ก่อสร้างระบบส่งน้ำเค็มขึ้นในปีพ.ศ.2503 (ค.ศ.1960) ดักน้ำพุเค็มที่จะไหลไปลงทะเลสาบกาลิลี (Galilee) และส่งน้ำไปยังแม่น้ำจอร์แดนด้านใต้ของทะเลสาบ ให้ไหลไปลงทะเลสาบเดตซี ระบบส่งน้ำเค็มมีความยาว 22 กิโลเมตรและสามารถส่งน้ำในปริมาณ 22 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำสำหรับการชลประทานไปยังทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) บริษัทเมโกรอท (Mekorot) จึงสร้างระบบท่อแนวที่สามขึ้น น้ำจากแนวท่อที่สามนี้ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานบำบัดน้ำเสียของภูมิภาคแดน (Dan Region Treatment Plant) แล้ว ซึ่งสามารถส่งน้ำได้ถึง 110 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี นอกจากนั้นตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ.2546 (ค.ศ.2003) เป็นต้นมา ประเทศอิสราเอล เริ่มหาทางแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำอันเนื่องจากการเติบโตของเศรษฐกิจและประชากร โดยการเพิ่มปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำอีก 2 แหล่ง ได้แก่ น้ำจากโรงบำบัดน้ำเสียและน้ำจากโรงกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืด

สำหรับการบำบัดน้ำเสียและนำกลับมาใช้ ประเทศอิสราเอลมีสัดส่วนการนำกลับมาใช้สูงที่สุดในโลกหรือคิดเป็นร้อยละ 86 ในขณะที่อันดับสองของโลก ได้แก่ ประเทศสเปนในอัตราร้อยละ 17 และประเทศสหรัฐอเมริกา มีสัดส่วนการนำน้ำเสียกลับมาใช้เพียงร้อยละ 1 เท่านั้น (รูปภาพที่ 13) โดย

ประเทศอิสราเอลมีเป้าหมายอีก 5 – 7 ปีข้างหน้า ที่จะเพิ่มสัดส่วนการนำน้ำเสียกลับมาใช้ในอัตราร้อยละ 90 ซึ่งน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ส่วนใหญ่ของประเทศอิสราเอลจะถูกนำมาใช้ในด้านเกษตรกรรม ในส่วนของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงบำบัดน้ำเสียของเมืองชาฟดาน (Shafdan) เป็นระบบที่ใหญ่และซับซ้อนที่สุดในอิสราเอล นอกจากนี้ยังเป็นโรงบำบัดน้ำเสียที่มีขนาดใหญ่และทันสมัยที่สุดในตะวันออกกลาง โรงบำบัดน้ำเสียของเมืองชาฟดาน (Shafdan) สามารถบำบัดน้ำเสียได้ประมาณ 130 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และส่งกลับน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปยังทะเลทรายเนเกฟ (Negev Desert) ผ่านระบบท่อที่เรียกว่า “The Third Line to the Negev” รองรับประชากรได้ 2 ล้านคน ในพื้นที่ที่ประชากรอยู่กันอย่างหนาแน่นของประเทศ คือ ภูมิภาคแดน (Dan Region) และได้มีการเชื่อมระบบท่อเพิ่มเติมเพื่อรับน้ำเสียจากอีก 7 ตำบล และอีกหลายๆ ชุมชน ที่มีการปล่อยน้ำเสียลงแม่น้ำ

สำหรับการกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด รัฐบาลได้เริ่มดำเนินการสร้างโรงกลั่นดังกล่าวจำนวน 5 โรงงาน เพื่อทำการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรงของประเทศ ได้แก่ โรงงานฮาเดรา (Hadera) โรงงานโซเรค (Sorek) โรงงานพัลมาซิม (Palmachim) โรงงานแอชดอด (Ashdod) และโรงงานแอชเคลตอน (Ashkelton) ซึ่งรวม 5 โรงงาน สามารถผลิตน้ำจืดได้ปีละไม่น้อยกว่า 580 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปัจจุบันอิสราเอลได้เปลี่ยนประเทศจากที่เคยเป็นประเทศแห้งแล้งและมีน้ำใช้ไม่เพียงพอ มาเป็นประเทศที่สามารถขายน้ำให้ประเทศเพื่อนบ้าน ทั้งจอร์แดนและปาเลสไตน์ได้แล้ว ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งและอาจจะสามารถนำประยุกต์ใช้กับประเทศของเราในบางมิติได้

6. การเข้าร่วมการประชุมและจัดนิทรรศการด้านเทคโนโลยีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการควบคุมสิ่งแวดล้อม (WATEC Israel 2015)

ประเด็นในเรื่องเทคโนโลยีด้านน้ำและสิ่งแวดล้อมกำลังได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นจากทั่วโลก ประชาชนสองพันล้านคนทั่วโลกกำลังประสบปัญหาปริมาณน้ำไม่เพียงพอหรือคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมต่อการบริโภค ซึ่งปัญหาความขาดแคลนน้ำนี้จะเลวร้ายลงในระยะเวลาอันใกล้ เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น และการลดลงของแหล่งน้ำอันเกิดจากปัญหาโลกร้อน และด้วยความห่วงใยในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการส่งเสริมในการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการบำบัดน้ำให้สะอาด

นิทรรศการด้านเทคโนโลยีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการควบคุมสิ่งแวดล้อม (WATEC 2015) มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงเทคโนโลยีสำคัญๆ ที่มีการพัฒนาในประเทศอิสราเอล และเปิดโอกาสให้ผู้สนใจได้ศึกษานวัตกรรม การสร้างเทคโนโลยีและประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งในประเทศที่ร่ำรวยและประเทศยากจน โดยนิทรรศการด้านเทคโนโลยีการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการควบคุมสิ่งแวดล้อม (WATEC 2015) จัดขึ้นระหว่างวันที่ 13 – 15 ตุลาคม 2558 ณ ศูนย์ประชุมและเทรดแฟร์ เมืองเทลอาวีฟ โดยมีบริษัทมาจัดแสดงเทคโนโลยีทางด้านน้ำและสิ่งแวดล้อมกว่า 100 บริษัท (รูปภาพที่ 14) ซึ่งจัดแสดงการพัฒนานวัตกรรมในการกรองและลดสิ่งเจือปนในน้ำเสียจาก

โรงงานอุตสาหกรรม ระบบควบคุมคุณภาพน้ำและแก้ปัญหาเรื่องแหล่งน้ำ ในนิทรรศการบริษัทจะจัดแสดงผลิตภัณฑ์และให้บริการตอบคำถามด้วยความเอาใจใส่ เช่น บริษัทวินเทอร์ เอนจิเนียริง (Winter Engineering Ltd) แสดงระบบกรองน้ำด้วยระบบออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse Osmosis) และระบบอัลตราฟิльтраชัน (Ultra – Filtration) บริษัทกอลโมไบล์ (GALMOBILE) สาธิตรถปรับปรุงคุณภาพน้ำเคลื่อนที่เร็วเพื่อช่วยประชาชนในพื้นที่ห่างไกล บริษัทอาร์ดับเบิลยูแอล วอเตอร์ (RWL Water) ซึ่งเป็นผู้ประกอบการที่ถนัดในนวัตกรรมต่างๆ ด้านน้ำ อาทิ การกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด การบำบัดน้ำเสีย ซึ่งบริษัทอยู่ระหว่างการประมูลงานได้ที่เทศบาลจังหวัดภูเก็ต และบริษัทเมโกรอท (Mekorot) ซึ่งเป็นบริษัทด้านน้ำที่ใหญ่ที่สุดของประเทศอิสราเอลและเป็นอันดับ 10 ของโลก ซึ่งดูแลการจัดสรรน้ำของประเทศอิสราเอลกว่าร้อยละ 70 (รูปภาพที่ 15)



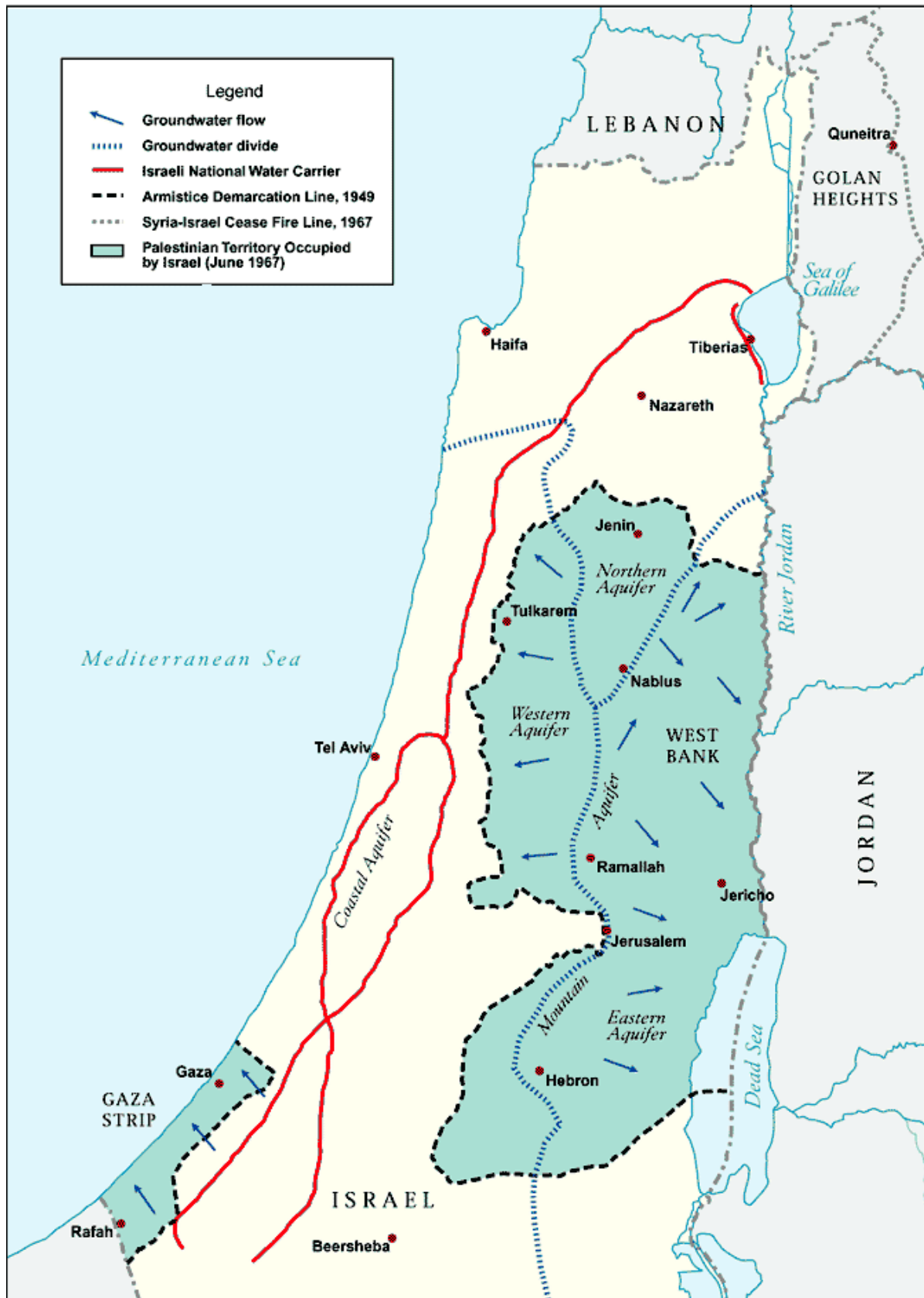
รูปภาพที่ 14 แสดงคณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ ที่เข้าร่วมการประชุมฯ ณ ศูนย์ประชุมและเทรดแฟร์ เมืองเทลอาวีฟ



รูปภาพที่ 15 แสดงบรรยากาศภายในงาน WATEC 2015

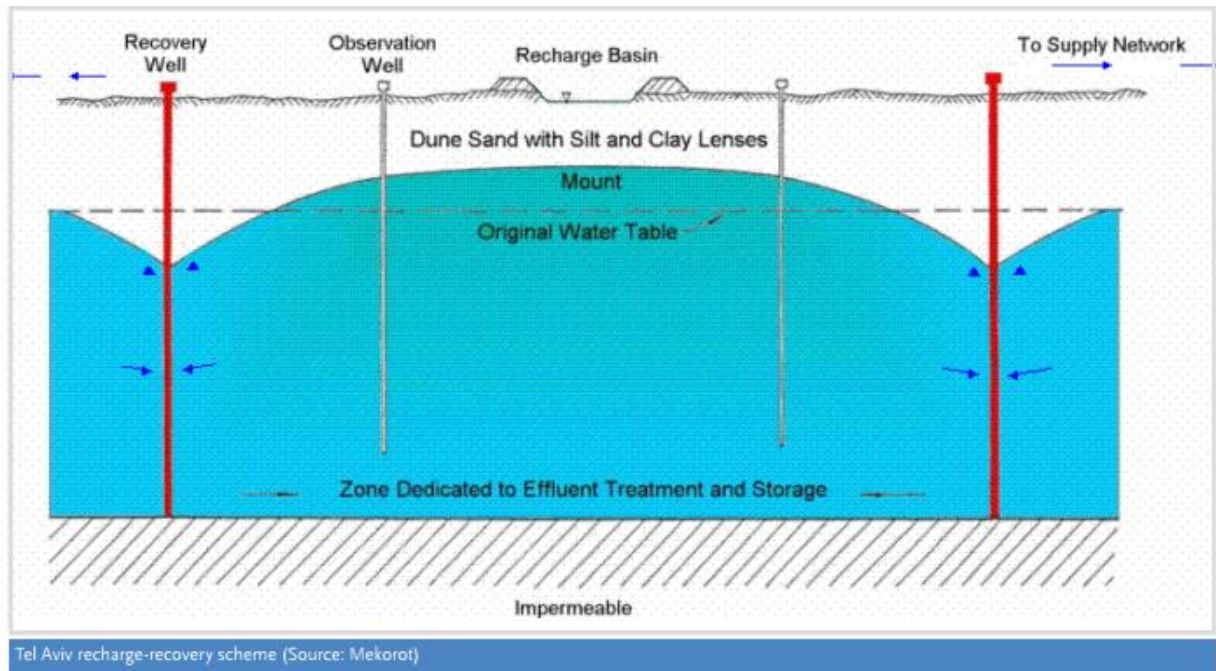
6.1 ด้านการเติมน้ำลงใต้ดิน (Artificial Recharge)

ในเขตพื้นที่ชั้นน้ำบาดาลชายฝั่ง (Coastal Aquifer) ทางด้านตะวันตกของประเทศ (รูปภาพที่ 16) ในอดีตมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เป็นปริมาณมาก ก่อให้เกิดปัญหาการรุกคืบของน้ำเค็ม (Seawater Intrusion) เข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล รัฐบาลอิสราเอลได้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยการจ้างบริษัทที่ปรึกษาด้านน้ำแห่งชาติ (บริษัทเมโกรอท (Mekorot)) ทำการออกแบบระบบเติมน้ำลงสู่ใต้ดิน (Artificial Recharge) โดยก่อสร้างบ่อเติมน้ำ (Recharge well) ผลของการเติมน้ำดังกล่าว นอกจากจะช่วยป้องกันการรุกคืบของน้ำทะเลแล้ว ยังมีผลทำให้ระดับน้ำบาดาลสูงขึ้นประมาณ 2 – 4 เมตร นอกจากนี้ การเติมน้ำใต้ดินของ ประเทศอิสราเอล ยังถูกประยุกต์ใช้กับกระบวนการเก็บน้ำไว้กรองผ่านชั้นน้ำบาดาลในบางส่วนของโรงบำบัด น้ำเสียบางแห่งด้วย เพื่อบำบัดน้ำในอีกขั้นตอนหนึ่งตามวิธีธรรมชาติ ก่อนที่จะนำไปสู่ขั้นตอนสุดท้าย ในการทำให้น้ำที่บำบัดแล้วอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผู้รับบริการในแต่ละภาคส่วนต่อไป (รูปภาพที่ 17)



ที่มา : <http://eski.bgst.org/keab/aks20051130.asp>

รูปภาพที่ 16 แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาล (Groundwater Flow)



ที่มา : http://www.switchtraining.eu/fileadmin/template/projects/switch_training/files/Case_studies/Tel_Aviv_Case_study_preview.pdf

รูปภาพที่ 17 แสดงการเติมน้ำลงสู่บ่อน้ำบาดาลเพื่อบำบัดน้ำเสียและนำกลับขึ้นมาใช้ใหม่

6.2 ด้านการบำบัดน้ำก่อนเข้าสู่โครงข่ายน้ำแห่งชาติ

น้ำที่จะเข้าสู่โครงข่ายน้ำแห่งชาติจะถูกสูบมาจากทะเลสาบกาลิลีผ่านทางน้ำธรรมชาติ หลังจากนั้นจะถูกส่งเข้าโรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol) เพื่อทำการบำบัดน้ำให้ได้ตามมาตรฐานน้ำดื่มของกระทรวงสาธารณสุขอิสราเอล ก่อนจะถูกส่งเข้าท่อในระบบปิดของโครงข่ายน้ำแห่งชาติต่อไป โรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol) (รูปภาพที่ 18) เป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายน้ำแห่งชาติ (The National Water Carrier) และเป็นสถานที่ใหญ่ที่สุดและซับซ้อนมากอีกแห่งหนึ่งในโลก



ที่มา : <http://www.xconomy.com/boston/2012/12/18/water-mission-to-israel-day-2-water-management-solutions-at-scale/>

รูปภาพที่ 18 แสดงภาพโรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol) ของบริษัทเมโกรอท (Mekorot)

โรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol) ประกอบไปด้วยระบบหลายๆ ระบบที่ออกแบบมาเพื่อจัดการน้ำให้มีคุณภาพดีที่สุด ด้วยปริมาณมากกว่า 500 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี พื้นที่โรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol) ประกอบด้วย อ่างเก็บน้ำอยู่ 2 แห่ง ตั้งอยู่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ที่ปลายสุดของคลองเบียท เนโทฟา (Beit Netofa) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. อ่างเก็บน้ำตกตะกอน (The Sedimentation Reservoir) ทำหน้าที่บำบัดน้ำเบื้องต้น มีความจุ 1.5 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อน้ำไหลเข้ามาในบ่อตกตะกอนผ่านสิ่งกีดขวางที่กระจายอยู่ตามความยาวของบ่อ เพื่อที่จะให้น้ำไหลช้าลงและตกตะกอนที่ด้านล่างของสิ่งกีดขวาง ซึ่งมีประตูกั้นน้ำตั้งตะกอนไว้ โดยตะกอนจะถูกสูบออกไปด้วยเครื่องสูบน้ำตะกอน การสูบน้ำตะกอนออกไปจะไม่กระทบต่อการระบายการตกตะกอนที่กำลังเกิดขึ้น น้ำที่ไหลช้าลงผ่านอ่างเก็บน้ำนี้ ยังคงมีตะกอนขนาดเล็กและสารแขวนลอยซึ่งจะลอยไปตกลงที่ก้นอ่างเก็บน้ำ หลังจากนั้นน้ำจะถูกส่งผ่านคลองคอนกรีตไปยังอ่างเก็บน้ำปฏิบัติการ (Operational Reservoir) ต่อไป (รูปภาพที่ 19)



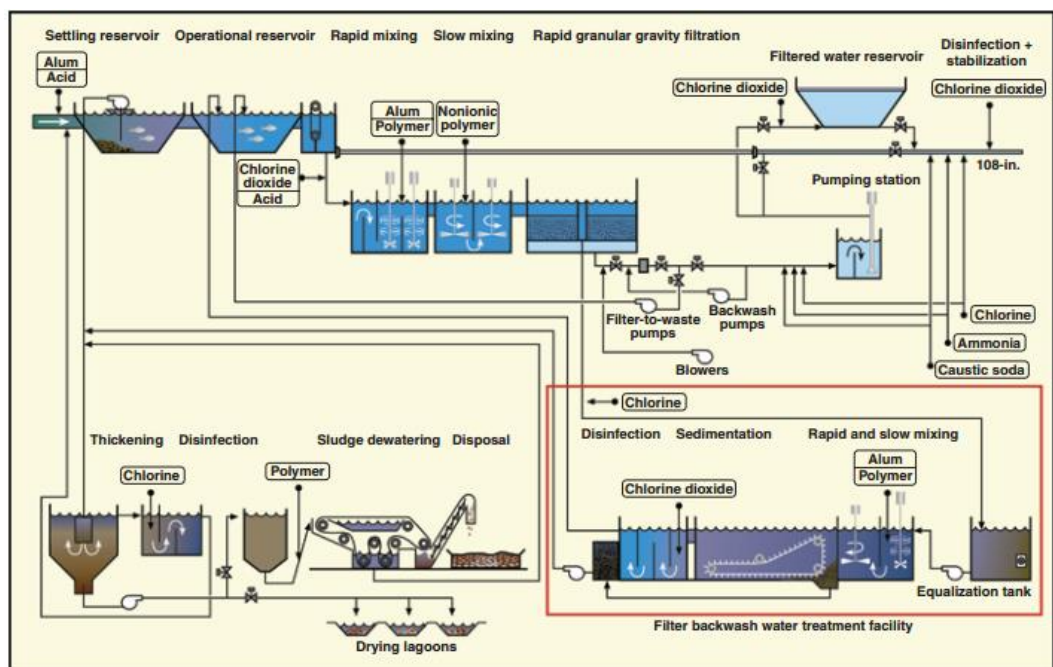
ที่มา : <http://www.water-technology.net/projects/eshkol-filtration/eshkol-filtration6.html>

รูปภาพที่ 19 แสดงภาพอ่างเก็บน้ำตกตะกอน (The Sedimentation Reservoir)

2. อ่างเก็บน้ำปฏิบัติการ (Operational Reservoir) จะแยกออกมาจากบ่อตกตะกอนด้วยเขื่อนกั้น มีความจุ 4.5 ล้านลูกบาศก์เมตร รับน้ำจากสถานีสูบน้ำเป็นคลองส่งน้ำเปิดและไหลออกไปยังโรงบำบัดน้ำส่วนกลาง (Central Filtration Plant) ก่อนจะผ่านท่อส่งน้ำระบบปิดซึ่งปริมาณน้ำที่ส่งออกไป ขึ้นอยู่กับความต้องการน้ำในอิสราเอลต่อไป
3. โรงงานบำบัดน้ำส่วนกลาง (Central Filtration Plant) ทำหน้าที่บำบัดน้ำก่อนส่งน้ำเข้าท่อส่งน้ำระบบปิด (รูปภาพที่ 20) เพื่อให้น้ำดื่มได้มาตรฐาน การวิเคราะห์คุณภาพน้ำจึงได้มีการบรรจุเข้ามาในระบบ คือ อากาศเติมคลอรีนและติดตั้งอุปกรณ์ทำความสะอาด เพื่อรับประกันว่าน้ำที่ส่งเข้าระบบท่อจะเป็นน้ำที่ได้มาตรฐาน โดยมีกระบวนการ ดังนี้ (รูปภาพที่ 21)



ที่มา : <http://www.thetower.org/article/how-israel-is-solving-the-global-water-crisis/>
 รูปภาพที่ 20 แสดงท่อส่งน้ำในระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติ



ที่มา : <http://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/34054890/issueid/34054775>.

รูปภาพที่ 21 แสดงระบบการบำบัดน้ำของโรงงานเอชคอล (Eshkol)



รูปภาพที่ 22 แสดงคณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ เยี่ยมชมโรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol)

➤ กระบวนการบำบัดน้ำทางกายภาพเคมี (Physio - Chemical Treatment)

กระบวนการนี้เริ่มขึ้นเมื่อน้ำเข้ามาถึงอ่างเก็บน้ำโรงกรองน้ำเอชคอล (Eshkol) โดยมีการเติมสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$) ลงในน้ำ สารละลายนี้จะจับตัวกับสารแขวนลอยที่อยู่รอบๆ แบบที่เรียกว่า กระบวนการรวมตะกอน (flocculation) เปลี่ยนขนาดตะกอนให้มีขนาดใหญ่และหนักสามารถจมลงสู่ก้นอ่าง น้ำที่สะอาดขึ้นจะไหลต่อไปยังอ่างที่สอง

➤ กระบวนการบำบัดทางชีวภาพด้วยปลา (Biological Treatment by Means of Fish)

ภายในอ่างเก็บน้ำแรก นอกจากจะปล่อยให้มีการตกตะกอนโดยธรรมชาติ และเติมสารละลายแล้ว ยังมีการใช้ปลาในการกำจัดสาหร่าย (Algae) หอยและจุลินทรีย์ (microorganisms) ด้วย ซึ่งจะมีการคัดเลือกชนิดปลาที่จะส่งไปในบ่อและติดตามพฤติกรรมของปลาด้วยระบบคอมพิวเตอร์

➤ **กระบวนการฆ่าเชื้อ (Disinfection)**

เป็นกระบวนการเติมสารฆ่าเชื้อโรค ด้วยคลอรีนไดออกไซด์ และคลอรามีน ก่อนที่จะมีการปล่อยน้ำเข้าท่อ ซึ่งจะฆ่าเชื้อโรคและป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

➤ **กระบวนการกรองและดูดซับ (Filtration & Adsorption)**

ในกระบวนการบำบัดน้ำที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น ไม่สามารถกำจัดความขุ่นของน้ำได้อีกทั้งไม่สามารถกำจัดไวรัสและปรสิตได้ จึงได้มีการปรับมาตรฐานใหม่ โดยเพิ่มกระบวนการบำบัด เข้ามาอีก 2 กระบวนการดังนี้

1. การกรองน้ำผ่านตัวกรองทรายขนาดใหญ่ เม็ดทรายจะสกัดและดักสารแขวนลอยขนาดต่างๆ เอาไว้
2. เมื่อน้ำผ่านตัวกรองทรายมาแล้ว น้ำจะต้องผ่านตัวกรองคาร์บอน ตัวกรองนี้จะดักเอาโมเลกุลอินทรีย์สารที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งจะลดการเติมสารฆ่าเชื้อลงในน้ำด้วย

➤ **ห้องปฏิบัติการกลาง (Central Laboratory)** เป็นแล็บใหญ่ที่สุดในตะวันออกกลาง มีการรวบรวมผลงานทดสอบและวิจัย ด้านแบคทีเรีย ชีวภาพ เคมีของน้ำทั่วไป และน้ำเสีย

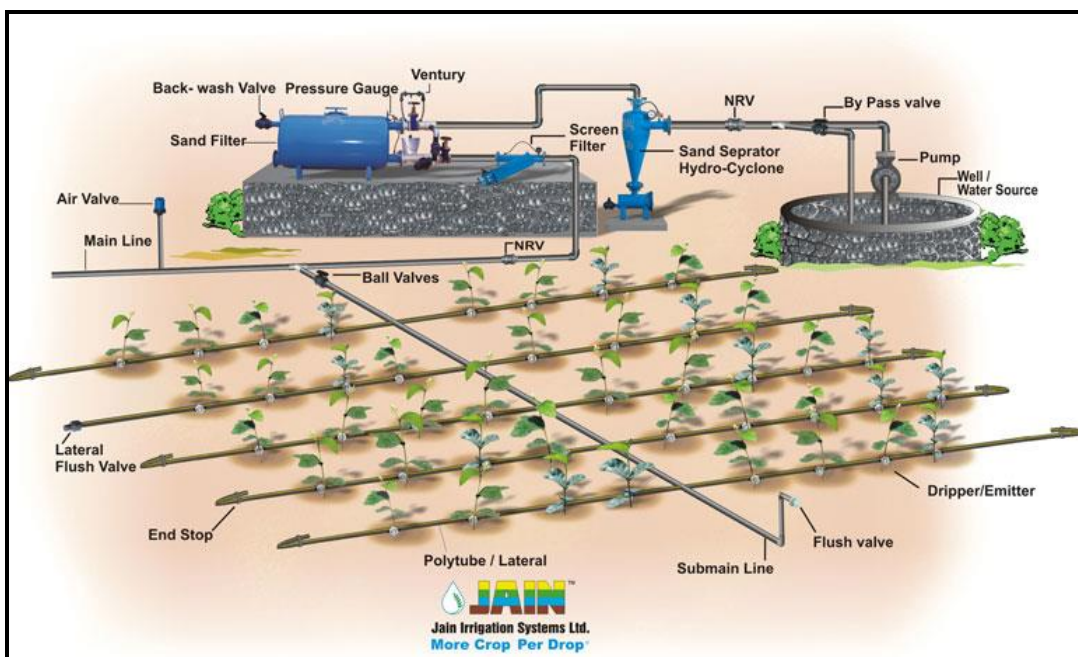
6.3 ด้านการชลประทาน (Water Irrigation)

เขตเกษตรกรรมในอิสราเอลใช้น้ำถึง 1.2 พันล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยที่ 460 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นน้ำที่มีคุณภาพดี ส่วนที่เหลืออีกประมาณ 744 ล้านลูกบาศก์เมตร มาจากโรงบำบัดน้ำเสีย น้ำเค็มหรือบ่อน้ำเค็ม ซึ่งในอดีตระบบการให้น้ำและปุ๋ยแก่พืชไม่มีระบบการลำเลียงน้ำที่สามารถทำให้เกิดการใช้น้ำแบบประหยัด และไม่เกิดประสิทธิผลการใช้น้ำสูงสุด กล่าวคือในบางครั้งเป็นการใช้น้ำเกินความต้องการของพืชหรือบางครั้งเป็นการให้น้ำแบบกระจาย ทำให้พืชไม่ได้นำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ

ระบบการให้น้ำแบบหยด (Dripping system) จะเป็นระบบการให้น้ำที่เน้นถึงการประหยัดน้ำ พืชสามารถที่จะนำน้ำไปใช้ได้อย่างพอเพียงโดยไม่เกินความจำเป็น ทำให้รู้ซึ่งถึงคุณค่าน้ำแต่ละหยด นอกจากนี้ ในระบบการให้น้ำพืชแบบหยดนี้ ยังสามารถให้ปุ๋ยไปในคราวเดียวกันได้ ทำให้ประหยัดทรัพยากรประหยัดพลังงานและประหยัดเวลาได้ในคราวเดียวกัน

ประเทศอิสราเอลได้พัฒนาวิธีการชลประทานโดยการออกแบบให้มีการใช้น้ำน้อยที่สุด ดังนี้

1. **ชลประทานแบบน้ำหยด (Drip Irrigation):** ระบบการให้น้ำแบบหยดสามารถให้น้ำได้ตั้งแต่ 1 ลิตรจนถึง 20 ลิตรต่อชั่วโมง เป็นการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในอัตราถึงร้อยละ 95 วิธีการนี้เหมาะสมมากสำหรับการเตรียมดินเพื่อการเพาะปลูก (รูปภาพที่ 23)



ที่มา : <http://www.jains.com/irrigation/drip%20irrigation%20model%20design.htm>

รูปภาพที่ 23 แสดงรูปแบบการชลประทานแบบหยดของประเทศอิสราเอล

การเตรียมดินเพาะปลูกในเรือนกระจกสำหรับเพาะปลูกพืชต้องใช้น้ำปริมาณมาก การให้น้ำแบบหยดถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชเรือนกระจก โดยมีการปล่อยน้ำให้ไหลช้าในอัตรา 200 ซีซีต่อชั่วโมง จุดเด่นของวิธีการนี้คือการให้ความชื้นที่กระจายตัวสม่ำเสมอผ่านตัวกลาง ซึ่งลดปริมาณการไหลออกของน้ำ การให้น้ำแบบหยดพัฒนามาเพื่อใช้ในการลดการสูญเสียน้ำ ตัวปล่อยน้ำหยดนี้ควบคุมการกระจายน้ำและมีการป้องกันการอุดตัน ตัวกรองถูกติดตั้งไว้ในเส้นท่อชลประทาน ประกอบไปด้วยชุดพลาสติกมีรอยหยักคล้ายฟันเลื่อย ซึ่งจะหมุนเมื่อน้ำไหลผ่านเข้ามาจะทำให้การกวาดเอาสิ่งสกปรกและตะกอนออกไป เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการอุดตันที่ทางออกของน้ำ

2. ชลประทานแบบฝังใต้ดิน (Buried Irrigation): เป็นการชลประทานแบบน้ำหยดในแนวนอนฝังไว้ใต้ดินที่ความลึก 50 เซนติเมตร ชลประทานแบบฝังใต้ดินนี้มีการป้องกันรากฝอยของพืชแทงรากใกล้ๆ บริเวณหัวหยดน้ำโดยการใช้น้ำมันดิน เมื่อมีการปิดน้ำ วาล์วอากาศจะถูกเปิด เพื่อให้อากาศเข้ามาในท่อ ป้องกันสิ่งสกปรกจากภายนอกถูกดูดเข้ามาในระบบน้ำหยด ระบบน้ำหยดนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาหลายแบบด้วยกัน ระบบน้ำหยดแบบเส้นท่อ ระบบน้ำหยดแบบมีรูปทรง ระบบน้ำหยดแบบไม่มีรูปทรง และระบบน้ำหยดแบบผสม (รูปภาพที่ 24)



ที่มา : <http://itrusted.tripod.com/id20.html>

รูปภาพที่ 24 แสดงรูปแบบการชลประทานแบบฝังใต้ดินของประเทศอิสราเอล

3. ชลประทานแบบพ่นน้ำ (Spray Irrigation): วิธีการนี้ต้นไม้จะได้รับน้ำด้วยอุปกรณ์พ่นน้ำแบบหนึ่งต้นต่อหนึ่งตัว ชุดของอุปกรณ์พ่นน้ำพัฒนามาเพื่อใช้ในสวนผลไม้และในเรือนกระจกสำหรับเพาะปลูกพืช ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการชลประทานแบบพ่นน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 30 ถึง 300 ลิตรต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการใช้น้ำได้เกิดประโยชน์สูงสุดในการชลประทานแบบพ่นน้ำอยู่ที่ร้อยละ 85 (รูปภาพที่ 25)



ที่มา : <http://www.farmflavor.com/us-ag/alabama/environment/battling-drought-state-seeks-to-expand-irrigation-efforts/>

รูปภาพที่ 25 แสดงรูปแบบการชลประทานแบบพ่นน้ำของประเทศอิสราเอล

4. **ชลประทานแบบฉีดน้ำ (Sprinkler Irrigation):** สปริงเกอร์ออกแบบมาเพื่อพืชผลที่ต้องการการชลประทานแบบทั่วถึงทั้งพื้นที่ การชลประทานแบบฉีดน้ำพืชจะสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำได้ประมาณร้อยละ 70 – 80 (เปรียบเทียบกับคลองชลประทาน ซึ่งจะได้ใช้น้ำเพียงร้อยละ 40 เท่านั้น (รูปภาพที่ 26)



ที่มา : <http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=2024>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Irrigation#/media/File:WheelLineIrrigation.JPG>

http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/72798/JD_bergen.pdf

รูปภาพที่ 26 แสดงรูปแบบการชลประทานแบบฉีดน้ำของประเทศอิสราเอล

5. **การจัดการระบบชลประทาน (Operation of Irrigation Systems):** ทุกวิธีที่กล่าวถึงสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะปฏิบัติงานตามเวลา ทำงานด้วยชุดปฏิบัติการติดตามการทำงานอย่างต่อเนื่องในหลายๆ ชั่วโมงต่อวัน ด้วยความแม่นยำ น่าเชื่อถือ และประหยัดกำลังคน เมื่อระบบมีการมีแสดงค่าเบี่ยงเบนไปของปริมาณน้ำหรือปุ๋ย มันจะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ ระบบนี้ยังมีตัวเซ็นเซอร์ช่วยตรวจวัดช่วงเวลาพืชต้องการน้ำด้วย

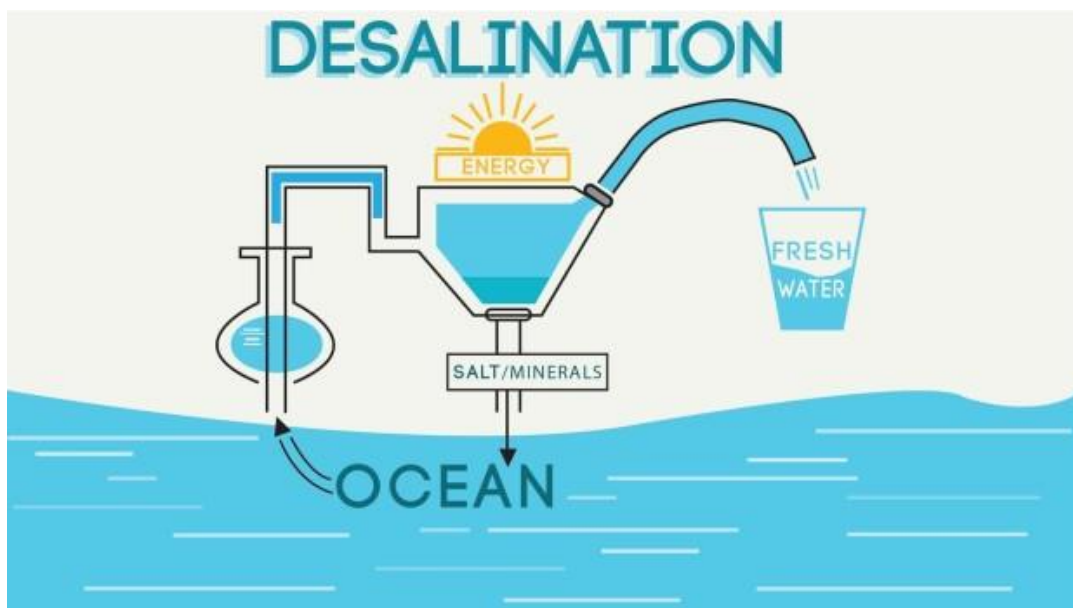
นอกจากนี้ คณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ จากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ยังได้มีโอกาสไปเยี่ยมชมชุมชนเกษตรกรรมเมทเซอร์พลาส (Metzerplas) ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้คนจากประเทศเพื่อนบ้านรุกล้ำเข้ามาตามอาณาเขตตะเข็บชายแดนได้ โดยระบบการดำเนินงานมีทั้งเป็นของชุมชนร้อยละ 100 กับประเทศที่เป็นของชุมชนส่วนหนึ่งและเป็นของนักลงทุนอีกส่วนหนึ่ง ลักษณะของการให้ผลประโยชน์โดยทั่วไปจะมีความเท่าเทียมกันทั้งหมดในสมัยก่อน แต่อาจจะมีการปรับเปลี่ยนไปบ้างในปัจจุบัน (รูปภาพที่ 27)



รูปภาพที่ 27 แสดงการเยี่ยมชมชนเกษตรกรรมคิบบูตซ์ เมทเซอร์พลาส (Kibbutz Metzerplas) ของคณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ

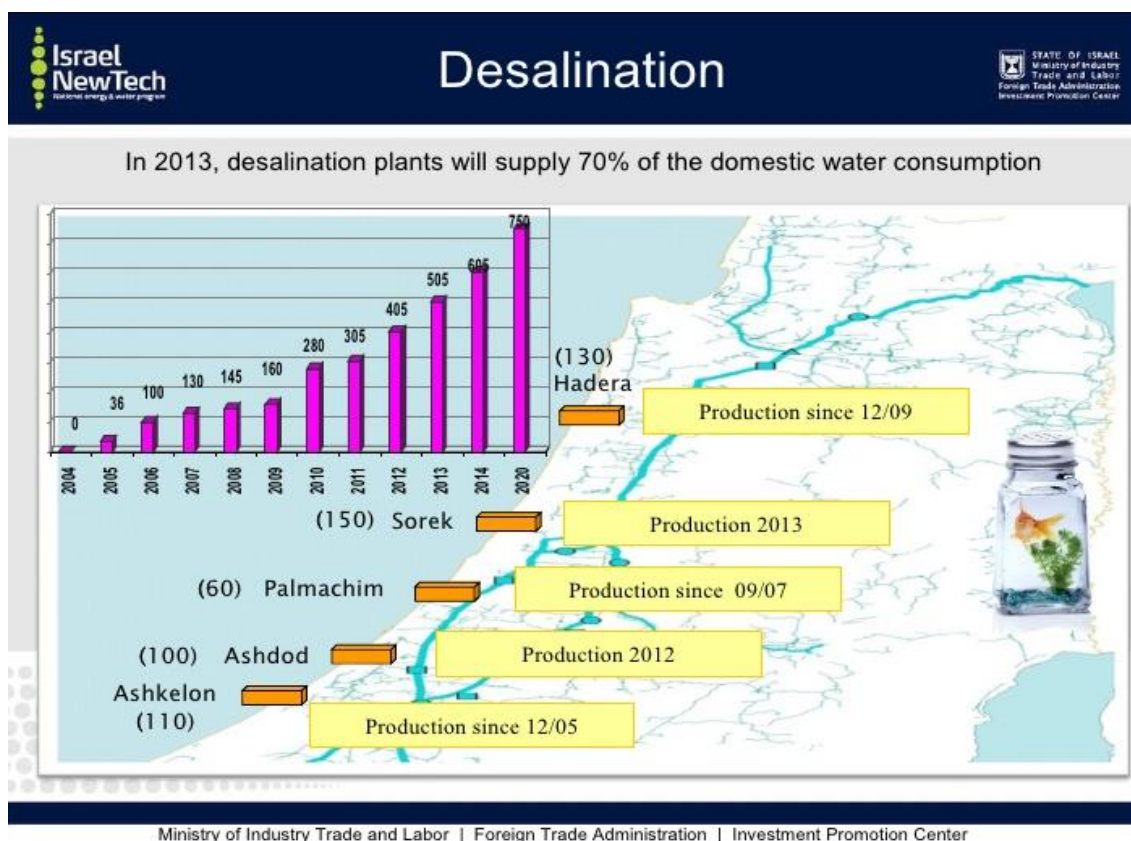
6.4 ด้านการกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืด (Desalination)

การกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืดของประเทศอิสราเอล (รูปภาพที่ 28) ถือเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำยุคใหม่ของประเทศอิสราเอล ที่พลิกประเทศจากที่ขาดแคลนน้ำให้มีน้ำเหลือพอเพียงในประเทศ และสามารถขายให้แก่ประเทศเพื่อนบ้าน อาทิ จอร์แดน และปาเลสไตน์ โดยน้ำจืดจะมาจากโรงกลั่นน้ำหลัก 5 โรงงาน ได้แก่ โรงงานฮาเดรา (Hadera) โรงงานโซเร็ค (Sorek) โรงงานพัลมาชิม (Palmachim) โรงงานแอชดอด (Ashdod) และโรงงานแอชเคเลตอน (Ashkelton) ซึ่งรวม 5 โรงงานสามารถผลิตน้ำจืดได้ปีละไม่น้อยกว่า 580 ล้านลูกบาศก์เมตร และถูกนำส่งโครงข่ายน้ำแห่งชาติโครงข่ายใหม่ (New National Carrier) ก่อนที่จะส่งเข้าไปรวมกับโครงข่ายหลักต่อไป (รูปภาพที่ 29)



ที่มา : <https://www.linkedin.com/pulse/recent-developments-adsorption-desalination-process-maciulevi%C4%8Di%C5%ABt%C4%97>

รูปภาพที่ 28 แสดงขั้นตอนการกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืด (Desalination) อย่างง่าย



ที่มา : <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/02-Israel%20Water%20Sector%20-%20IWRM%20Model.pdf>

รูปภาพที่ 29 แสดงสถานที่ตั้งและศักยภาพโรงกลั่นน้ำทะเลของประเทศอิสราเอล

ทั้งนี้ คณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ จากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้มีโอกาสไปเยี่ยมชมโรงงานกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืดแอชดอด (Ashdod) ซึ่งเป็นโรงงานใหม่ล่าสุดที่เริ่มเปิดใช้ในปี พ.ศ.2558 (รูปภาพที่ 30) โดยโรงงานดังกล่าวจะมีลักษณะพิเศษที่ไม่เหมือนโรงงานอื่น คือ กระบวนการกรองเบื้องต้นที่ใช้ไส้กรองแบบอัลตราฟิเตรชัน (Ultra – Filtration, UF) จำนวนมหาศาล แทนที่การผ่านระบบการกรองธรรมชาติผ่านเนินทราย (Sand dune) แบบของโรงงานอื่น และระบบดังกล่าวมีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก หลังจากนั้นน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบอัลตราฟิเตรชัน (Ultra – Filtration, UF) จะถูกส่งไปยังอีกโรงงานใกล้เคียงที่มีไส้กรองแบบออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse Osmosis, RO) ต่อไป



รูปภาพที่ 30 แสดงการเยี่ยมชมโรงงานกลั่นน้ำทะเลเป็นน้ำจืดแอชดอด (Ashdod) ของคณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ

7. ประโยชน์ที่ได้จากการประชุมเจรจาและศึกษาดูงาน

7.1 ปัจจัยความสำเร็จของประเทศอิสราเอลในด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ มาจากปัญหาการขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรงทั้งประเทศ ทำให้ทุกคนมีความร่วมมือร่วมใจกันในการประหยัดน้ำ และคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ เพื่อเอาชนะความขาดแคลนน้ำ ดังจะเห็นได้จากคำขวัญของประเทศ “น้ำทุกหยดมีค่า” ได้ถูกนำมาบรรจุในแบบเรียนของเด็กเล็กด้วย เพื่อทำการปลูกฝังจิตสำนึกให้เข้าใจถึงการขาดแคลนน้ำ ตั้งแต่ยังเล็ก จากความตั้งใจจริงของประเทศในการจะเอาชนะความขาดแคลนน้ำ จึงทำให้ประเทศที่เคยขาดแคลนน้ำกลายเป็นประเทศที่มีน้ำพอเพียงที่จะจำหน่ายให้ประเทศเพื่อนบ้านใช้อีกด้วย ดังนั้น ประเทศไทยจึงควรนำวิธีการปลูกฝังการรู้จักใช้น้ำอย่างชาญฉลาดของประเทศอิสราเอลมาสอนเยาวชนของชาติตั้งแต่วัยเด็กอย่างจริงจัง และประกาศใช้เป็นนโยบายระดับชาติ นอกจากนี้ รัฐบาลควรหยิบยกเอาประเด็นปัญหารุนแรงด้านน้ำที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตให้ทุกภาคส่วนได้มาร่วมวิพากษ์เพื่อหาแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

7.2 ระบบการปกครองหรือการแบ่งหน่วยงานภาครัฐในการดูแลด้านทรัพยากรน้ำของประเทศอิสราเอล ไม่ต่างจากเมืองไทยมากนัก อาทิ กระทรวงสาธารณสุข โภค พลังงานและน้ำแห่งชาติ จะมีหน้าที่ดูแลงานก่อสร้างสาธารณูปโภคด้านน้ำและพลังงานของชาติ ซึ่งจากการพูดคุยกับเจ้าหน้าที่พบว่า โครงสร้างของหน่วยงานบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศอิสราเอล มีหน่วยงานคล้ายคลึงกับภารกิจและโครงสร้างการบริหารงานของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำและกรมชลประทาน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยแห่งความสำเร็จของประเทศอิสราเอล คือ การมีบอร์ดบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (Water Authority Board) ที่มีอำนาจตัดสินใจเด็ดขาด มีเอกภาพในการกำหนดนโยบายและข้อบังคับต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยุติธรรมและโปร่งใส รวมทั้งกำกับดูแลหน่วยงานที่จัดสรรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยความสำเร็จอีกประการหนึ่ง คือ โครงสร้างบอร์ดบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศอิสราเอลมีทั้งบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจากหน่วยงานภาคประชาชนและภาครัฐ ไม่ใช่เป็นนักการเมือง ผลดี คือ การดำเนินงานทุกอย่างมีความเป็นเอกภาพและมีประสิทธิภาพ ซึ่งประเทศไทยยังไม่เคยมีบอร์ดบริหารด้านทรัพยากรน้ำที่มีภาคประชาชนเข้ามาเกี่ยวข้องอย่างจริงจัง อีกทั้งการคัดเลือกผู้มีอำนาจในการตัดสินใจก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเป็นผู้ที่มีความเข้าใจด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างแท้จริง

7.3 ระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติ (The National Water Carrier) เป็นเรื่องที่น่าสนใจและควรนำมาใช้ภายในประเทศไทยอย่างจริงจัง เนื่องจากการเชื่อมต่อโครงข่ายการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำผ่านระบบปิดที่เชื่อมโยงได้ทุกจุด จะสามารถทำให้การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าประเทศไทยจะมีขนาดใหญ่กว่าอิสราเอลหลายเท่า แต่สามารถออกแบบระบบโครงข่ายน้ำแห่งชาติเป็นหลายๆ เส้นได้ เหมือนกับถนนซูเปอร์ไฮเวย์ โดยในส่วนของน้ำบาดาลก็อาจจะต้องมีการพัฒนาเทคนิคการนำน้ำที่มีปริมาณมากพอที่จะสามารถต่อพ่วงเข้ากับระบบเส้นท่อหลักของโครงข่ายให้ได้ในอนาคต อาทิ การขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลแบบกลุ่ม (well field)

7.4 นวัตกรรมการกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด (Desalination) เป็นอีกหนึ่งนวัตกรรม ที่อาจนำมาประยุกต์ใช้กับเกาะต่างๆ ของประเทศไทย อาทิ เกาะกูด เกาะช้าง ซึ่งมีลักษณะอุทกธรณีวิทยาเป็นหินให้น้ำยาก และไม่มีแหล่งน้ำจืดมากมาย อย่างไรก็ตาม การดำเนินการดังกล่าวอาจจะต้องมีการรวมตัวกันของผู้ประกอบการหรือรัฐเข้ามาช่วยในบางส่วน เพื่อที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาช่วยในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำของพื้นที่ดังกล่าวได้

7.5 นวัตกรรมชลประทานแบบน้ำหยด (Drip Irrigation) เป็นอีกนวัตกรรมที่น่าจะนำมาประยุกต์ใช้กับการเกษตรของประเทศไทย เนื่องจากสามารถลดปริมาณการสูญเสียน้ำจากการระเหยได้จำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ปัจจัยความสำเร็จในเรื่องดังกล่าวคือ การให้ความรู้แก่ผู้ใช้ คือ เกษตรกร ให้เข้าใจในระบบ เนื่องจากประเทศไทยได้มีการนำระบบดังกล่าวไปใช้จริงมาระยะหนึ่งแล้ว แต่จากการที่เกษตรกรไม่เข้าใจในระบบทำให้บางครั้งระบบเกิดความเสียหาย เช่น เกษตรกรนำมิดไปกรีดท่อน้ำหยดให้มีขนาดกว้างขึ้น เพราะเข้าใจว่าน้ำมีอัตราการไหลน้อยเกินไปและอาจไม่เพียงพอต่อพืชที่ปลูก

8. ข้อเสนอแนะจากการประชุมเจรจาความร่วมมือการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม (WATEC 2015 Conference and Bilateral Meeting on Water and Environment Management)

ผลจากการประชุมเจรจาความร่วมมือการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม (WATEC 2015 Conference and Bilateral Meeting on Water and Environment Management) โดยพบปะหารือกับตัวแทนรัฐบาล นักวิชาการ ชุมชนเกษตรกรรม และผู้ประกอบการของประเทศอิสราเอล คณะผู้เข้าร่วมประชุมฯ มีความเห็นว่า มีหลายประเด็นตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อประโยชน์จากการประชุมฯ สามารถจะนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทยได้ และต้องมีการประสานความร่วมมือทั้งในระดับรัฐบาลในเรื่องที่เกี่ยวกับนโยบายของประเทศและระดับหน่วยงาน โดยในส่วนของประเทศอาจอยู่ในรูปของการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบโครงข่ายหรือในระดับหน่วยงาน ในส่วนของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ก็จะเป็นในเรื่องของการเจาะน้ำบาดาลระดับลึก (มากกว่า 1,000 เมตร) การนำเทคโนโลยีการอัดน้ำใต้ดินมาบูรณาการร่วมกับการบำบัดน้ำเสียหรือการกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบองค์รวมระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินให้มีประสิทธิภาพ อีกทั้งควรสนับสนุนให้มีการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เชี่ยวชาญจากประเทศอิสราเอลและข้าราชการของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลระดับผู้ปฏิบัติงาน ในการไปประชุมเจรจาและศึกษาดูงาน ณ ประเทศอิสราเอล และเชิญผู้เชี่ยวชาญจากประเทศอิสราเอลมาเยี่ยมชมและศึกษาดูงานในประเทศไทย รวมทั้งการจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการและการติดตามประเมินผลของการดำเนินการดังกล่าว

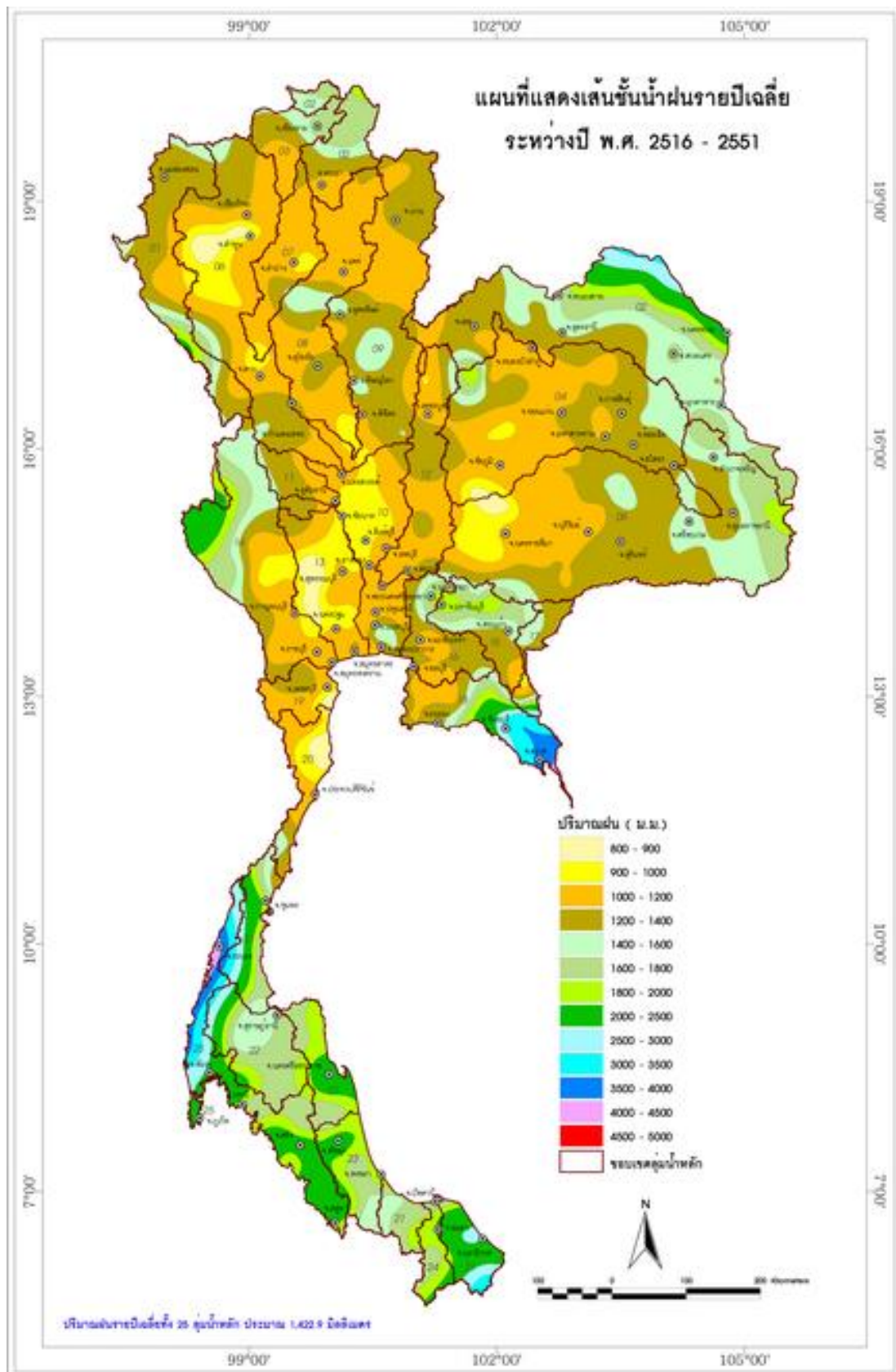
9. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทย

ประเทศไทยมีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศประมาณ 1,572.5 มิลลิเมตร โดยปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะภูมิประเทศ นอกเหนือจากการผันแปรตามฤดูกาล บริเวณประเทศไทยตอนบนปกติจะแห้งแล้งและมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยพร้อมทั้งมีพายุฟ้าคะนอง เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมาก โดยจะมีปริมาณฝนมากที่สุด ในเดือนสิงหาคมหรือกันยายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากส่วนใหญ่จะอยู่ด้านหน้าทิวเขา หรือด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ พื้นที่ทางด้านตะวันตกและตะวันออกของประเทศ มีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อยส่วนใหญ่อยู่ด้านหลังเขา ได้แก่ พื้นที่บริเวณตอนกลางของภาคเหนือ ภาคกลาง และด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับภาคใต้มีฝนชุกเกือบตลอดปี ยกเว้นช่วงฤดูร้อน พื้นที่บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันออกในช่วงฤดูฝน โดยมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนกันยายน ส่วนช่วงฤดูหนาว บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน โดยพื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากที่สุดของภาคใต้ มีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร (รูปภาพที่ 31) (ตารางที่ 1)

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	จำนวนวันฝนตกตลอดปี
เหนือ	104.6	166.5	955.2	123
ตะวันออกเฉียงเหนือ	72.8	211.1	1,111.9	117
กลาง	130.0	192.3	907.4	113
ตะวันออก	201.3	257.8	1,440.2	131
ใต้ฝั่งตะวันออก	819.9	197.9	661.2	148
ใต้ฝั่งตะวันตก	429.5	380.0	1,914.7	176

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=55>)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณฝน (มิลลิเมตร) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ



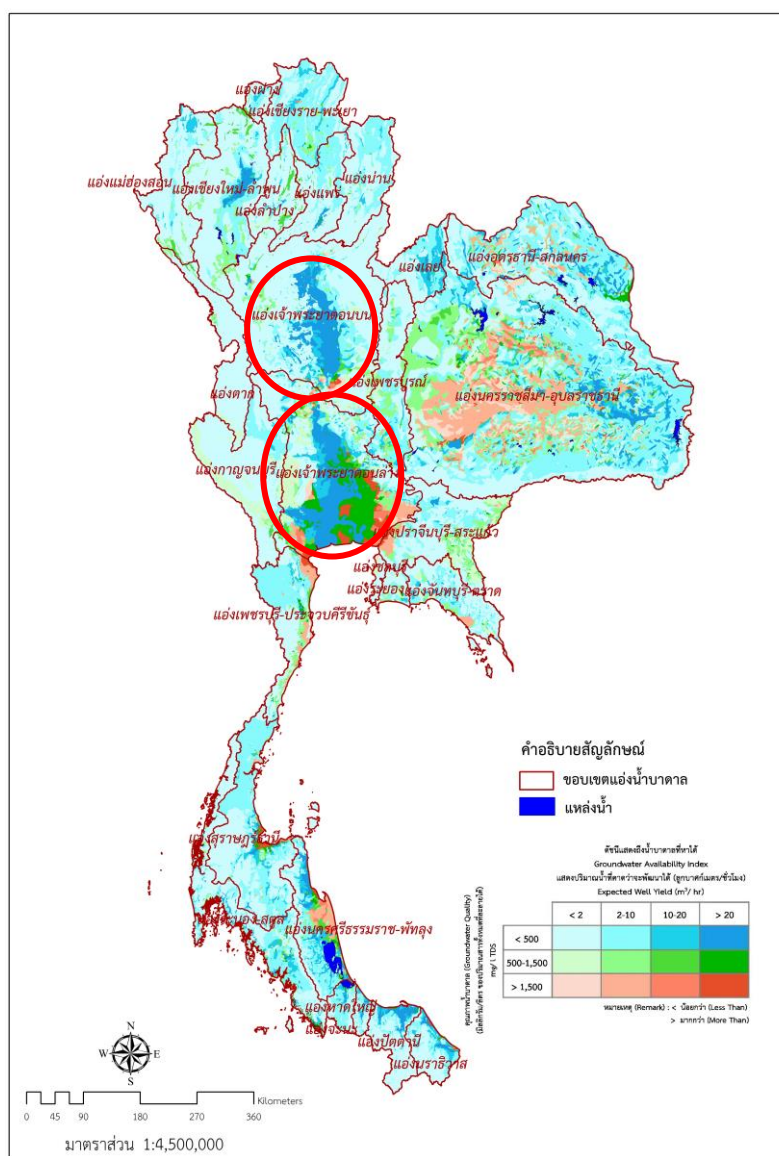
ที่มา : http://water.rid.go.th/hyd/hyd_isohyetal/hyd_isohyetal.html

รูปภาพที่ 31 แสดงปริมาณฝน (มิลลิเมตร) ของประเทศไทยในแต่ละภูมิภาค

สังเกตได้ว่า ประเทศไทยนั้นมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอิสราเอลที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของประเทศเพียง 800 มิลลิเมตรเท่านั้น ดังนั้น ถ้าประเทศไทยให้ความสำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและสามารถบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะสามารถมีน้ำใช้ในกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างเพียงพอ จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจากประเทศอิสราเอลในด้านต่างๆ ดังนี้

1. การเจาะบ่อน้ำบาดาลขนาดใหญ่ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 – 20 นิ้ว)

สามารถส่งน้ำทางท่อส่งน้ำแบบโครงข่ายผนวกกับการใช้เทคโนโลยีระบบชลประทานแบบฝังใต้ดินในพื้นที่แอ่งเจ้าพระยาตอนบนและตอนล่าง ผ่านการควบคุมการบริหารจัดการด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้บ่อน้ำบาดาลหนึ่งบ่อที่มีอัตราการสูบน้ำได้ประมาณ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำของเกษตรกรไม่น้อยกว่า 1,000 ไร่ (รูปภาพที่ 32)



รูปภาพที่ 32 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบชลประทานแบบฝังใต้ดิน

2. การเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลและบริเวณเกาะ เพื่อเป็นการยกระดับน้ำบาดาลให้สูงขึ้นและผลักดันน้ำเค็มที่แทรกตัวเข้ามาในพื้นที่ดังกล่าว ลดปัญหา การแทรกตัวของชั้นน้ำเค็มในชั้นน้ำบาดาล (รูปภาพที่ 33)

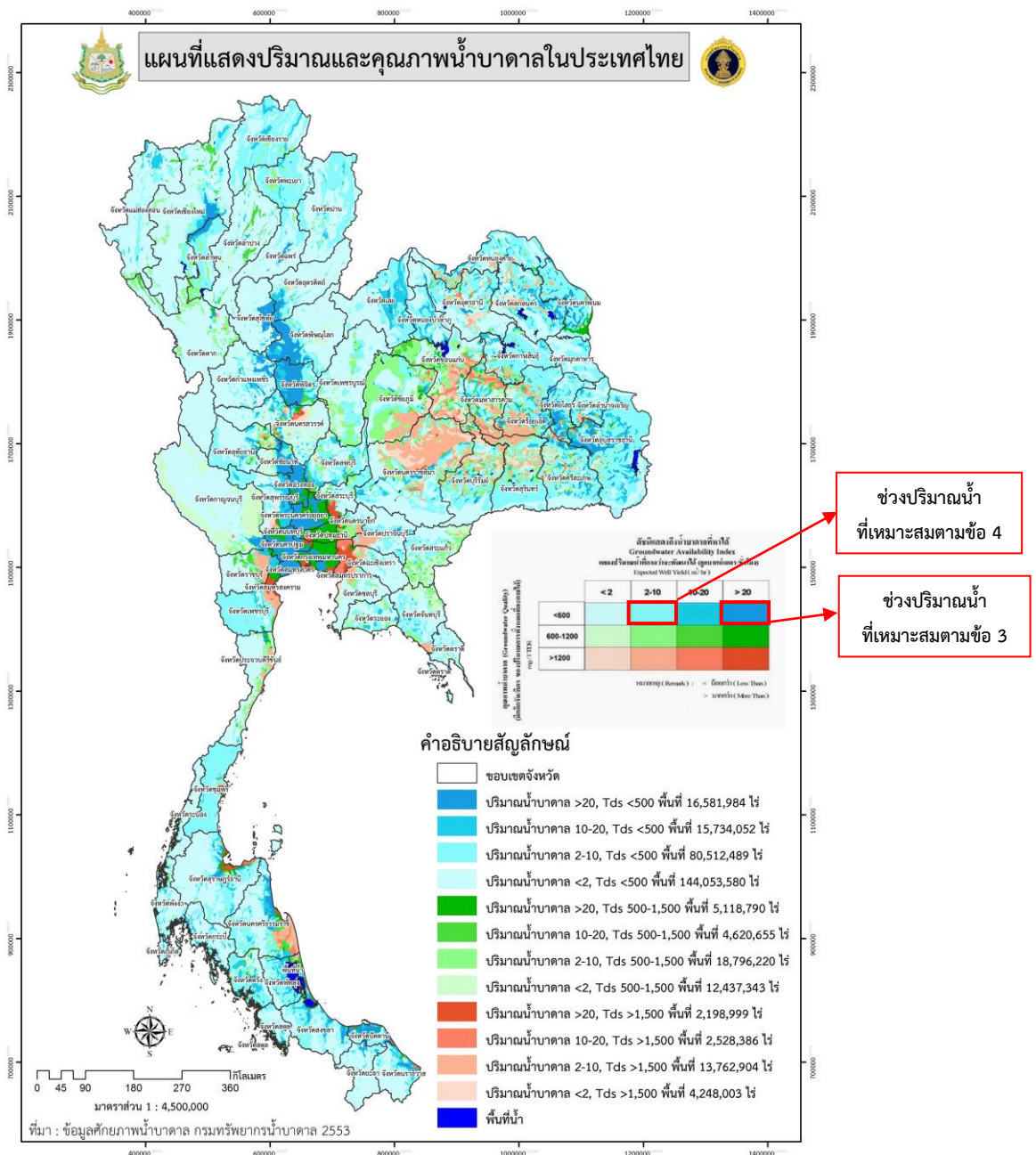


ที่มา : http://www.trangsupply.com/2015/index.php?route=product/product&product_id=831

รูปภาพที่ 33 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล

3. การพัฒนาน้ำบาดาลในบริเวณที่มีศักยภาพน้ำบาดาล มากกว่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เข้าเชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายท่อส่งน้ำผิวดิน ในพื้นที่เขตนิคมอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ใช้น้ำจากแนวท่อส่งน้ำ (รูปภาพที่ 34)

4. การประยุกต์ใช้ระบบน้ำหยดในบริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพน้ำบาดาล น้อยกว่า 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยทำการส่งน้ำด้วยระบบท่อส่งน้ำเชื่อมต่อโครงข่ายท่อส่งน้ำ พร้อมให้ความรู้และส่งเสริมให้เกษตรกรใช้น้ำแบบน้ำหยดเพื่อปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ในพื้นที่บริเวณจังหวัดราชบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และในพื้นที่โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทราย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ (รูปภาพที่ 34)



รูปภาพที่ 34 แสดงศักยภาพน้ำบาดาลที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีข้อ 3 - 4

5. การใช้เทคโนโลยีการกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด ในพื้นที่ที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของประเทศไทย เช่น เกาะภูเก็ต เกาะสมุย เกาะช้างและลันตา ปัจจุบันมีนักท่องเที่ยวให้ความสนใจเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้มีปริมาณการใช้น้ำที่สูงขึ้น ส่งผลต่อปริมาณน้ำที่ลดลงอย่างรวดเร็วและไม่เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภค จึงควรนำเทคโนโลยีการกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืดเพื่อให้มีน้ำใช้อย่างเพียงพอต่อความต้องการในอนาคต (รูปภาพที่ 35)



ที่มา : <http://www.chalongbeachhotelandspa.com/>

http://r5r5r5moneyeiei.blogspot.com/2013_09_01_archive.html

<http://www.smileythaitravel.com/tour-and-beach-combos>

<http://phukettour24.com/tours/16>

รูปภาพที่ 35 แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาระบบกลั่นน้ำทะเลให้เป็นน้ำจืด

แหล่งข้อมูลอ้างอิง

- <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%AA%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%A5>
- <http://www.thaiembassy.org/telaviv/th/thai-people/679/17381-%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B8%AD%E0%B8%B4%E0%B8%AA%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%A5%E0%B8%AA%E0%B8%B3%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2.html>
- <http://embassies.gov.il/bangkok/AboutIsrael/Land/Pages/Departments.aspx>
- http://www.dgr.go.th/project_kpn/file/2555_/Final%2003.pdf
- http://division.dwr.go.th/bmpc/saranaru/saranaru57/S-july_14.pdf
- <http://www.bloggang.com/mainblog.php?id=travelaround&month=02-08-2009&group=12&gblog=46>
- http://www.switchtraining.eu/fileadmin/template/projects/switch_training/files/Case_studies/Tel_Aviv_Case_study_preview.pdf
- <http://www.awwa.org/publications/journal-awwa/abstract/articleid/34054890/issueid/34054775>
- <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/02-Israel%20Water%20Sector%20-%20IWRM%20Model.pdf>