

Optimal Inventory Level and Warehouse Pooling

CASE STUDY OF COATING SUBSTANCES MANUFACTURER'S
WAREHOUSE IN EUROPE

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

บริษัทผู้ผลิตสารเคลือบผิวเพื่อจำหน่ายให้ลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยมีคลังสินค้าคงคลังในภูมิภาคยุโรปทั้งสิ้น 5 คลังสินค้าในประเทศ อังกฤษ เยอรมัน ฝรั่งเศส อิตาลี และ สเปน โดยจะทำการกระจายสินค้าส่งให้กับลูกค้าภายในประเทศที่คลังสินค้าตั้งอยู่รวมถึงประเทศใกล้เคียง ได้แก่ ประเทศเบลารุส เบลเยียม ฟินแลนด์ ลัตเวีย ลักเซมเบิร์ก โปแลนด์ รัสเซีย และ สวิตเซอร์แลนด์ เป็นต้น

WAREHOUSE:

- FRANCE
- ITALY
- SPAIN
- GERMANY
- UK

CUSTOMER:

- FRANCE
- ITALY
- SPAIN
- GERMANY
- Belarus
- Belgium
- Finland
- Latvia
- Luxemburg
- Poland
- Russia
- Switzerland



Warehouse

- France WH
- UK WH
- Spain WH
- Italy WH
- Germany WH

Customer

- Delivered from France
- Delivered from Spain
- Delivered from Italy
- Delivered from Germany

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากการพิจารณาข้อมูลปริมาณการจัดเก็บสินค้าเปรียบเทียบกับยอดขายและค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้องพบว่า

สินค้าคงเหลือระดับคลังสินค้า:

สินค้าคงเหลือในคลังสินค้าบางแห่งมีปริมาณคงเหลือเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับปริมาณการขายโดยเฉลี่ย

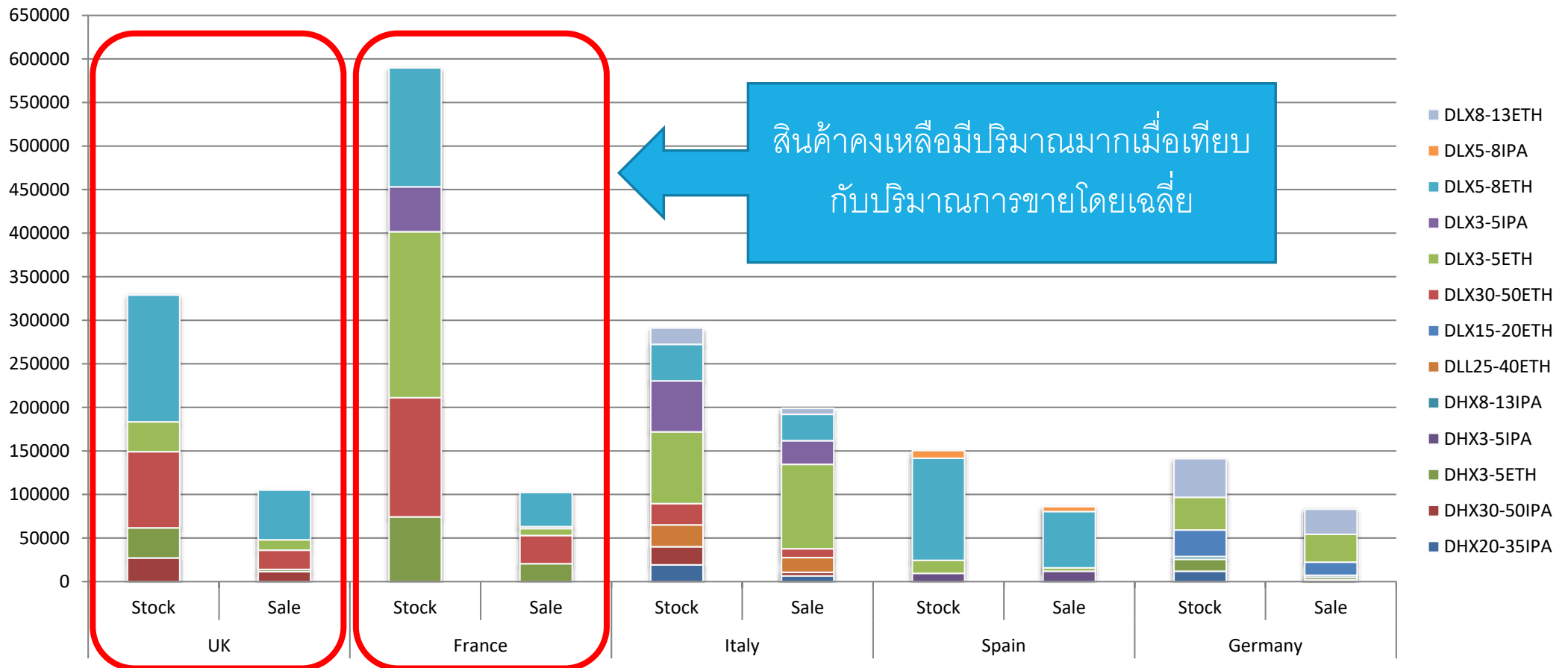
Country	Average (MTHB/Month)		DSI
	COGS	Inventory	
UK	5	33	196
France	14	74	159
Germany	9	19	64
Italy	21	43	61
Spain	10	17	51

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สินค้าคงเหลือระดับ **SKU**:

สินค้าคงเหลือบาง **SKU** มีปริมาณคงเหลือเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับปริมาณการขายโดยเฉลี่ย

ที่มาและความสำคัญของปัญหา



ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้า:

จากการพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าของแต่ละประเทศพบว่า บางประเทศมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าประเทศอื่นค่อนข้างมาก

คลัง	ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ (บาท/กิโลกรัม/สัปดาห์)
อิตาลี	1.98
เยอรมัน	0.91
ฝรั่งเศส	0.63
สเปน	0.59
อังกฤษ	0.49

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

สรุปประเด็นปัญหา

1. สินค้าที่จัดเก็บในแต่ละคลังสินค้ามีปริมาณคงเหลือเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนรวมของสินค้าคงเหลือสูงกว่าระดับที่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องการพิจารณาหาปริมาณการจัดเก็บที่เหมาะสมสำหรับคลังสินค้าแต่ละแห่ง
2. ในบางประเทศมีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าที่สูงมาก จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาความเป็นไปได้สำหรับการยุบรวมคลังสินค้าลดต้นทุนการจัดเก็บ

วัตถุประสงค์

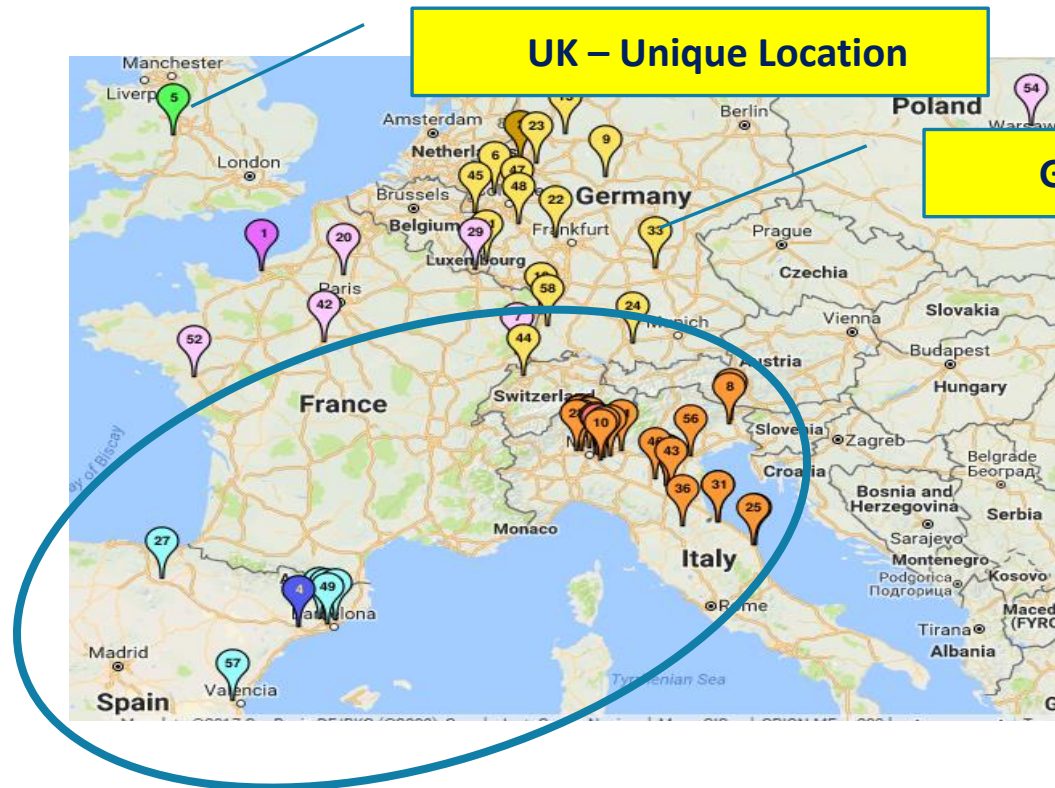
เพื่อทำการศึกษาและประเมินนโยบาย รวมทั้งวิธีการจัดการสินค้าคงคลังในปัจจุบัน โดยสามารถระบุปัญหาและให้คำแนะนำในการปรับปรุงให้ดีขึ้นในเรื่องต่อไปนี้

1. การกำหนดระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม เพื่อลดปริมาณการจัดเก็บสินค้าคงคลังและต้นทุนการจัดเก็บสินค้าโดยรักษาระดับการให้บริการให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้
2. การรวมคลังสินค้า(Warehouse Pooling)เพื่อลดปริมาณการจัดเก็บสินค้าคงคลังและต้นทุนการจัดเก็บ

ขอบเขต

ทำการศึกษ เฉพาะคลังสินค้าต่างประเทศในทวีปยุโรปซึ่งจัดเก็บสินค้า และบรรจุภัณฑ์ประเภทเดียวกันได้แก่

- ITALY
- SPAIN
- FRANCE



วิธีดำเนินการ

1. ศึกษานโยบายสินค้าคงคลังในปัจจุบัน
2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3. กำหนดระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสม
4. สร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบผลจากข้อมูลจริง
5. ประเมินผลจากแบบจำลอง
6. สรุปผล

OPTIMAL INVENTORY LEVEL

ผลการศึกษา

1. การพิจารณานโยบายสินค้าคงคลังในปัจจุบัน

Periodic review system

- Lead-time (L): 6 weeks
- Review Period (R): 1 week
- Desired Cycle Service Level (CSL): 95%
- Order-Up-To-Level (OUTL): cover average demand for 8 weeks

ผลการศึกษา

2. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องของแต่ละคลังสินค้า

2.1 Actual demand 2016

- Mean (μ)
- Standard Deviation (σ)
- Coefficient of Variation (CV)

2.2 Actual Holding Cost and Setup Cost

ผลการศึกษา

ข้อมูล Demand ของแต่ละคลังสินค้าในปี 2016

Warehouse	Product	Grand Total	%	Mean	SD	CV	Stationary?
Italy	70452-ETH-136-9	1,046,656	36.08%	21,805	3,888	0.18	stationary
Italy	70075-IPA-136-9	456,960	15.75%	9,520	2,289	0.24	stationary
Italy	70865-ETH-136-9	380,800	13.13%	7,933	2,876	0.36	stationary
Italy	72242-WW-20-9	165,240	5.70%	3,443	3,013	0.88	nonstationary
Italy	71523-ETH-136-9	158,032	5.45%	3,292	1,301	0.40	stationary
Italy	7326X-ETH-136-9	157,760	5.44%	3,287	1,033	0.31	stationary
Italy	7049X-ETH-20-9	89,140	3.07%	1,857	1,312	0.71	nonstationary
Italy	70452-ETH-20-9	75,600	2.61%	1,575	1,548	0.98	nonstationary
Italy	72046-IPA-20-9	61,640	2.13%	1,284	870	0.68	nonstationary
Italy	70336-IPA-20-9	50,240	1.73%	1,047	352	0.34	stationary
Italy	70233-IPA-20-9	45,940	1.58%	957	376	0.39	stationary
Italy	70002-IPA-20-9	45,060	1.55%	939	302	0.32	stationary
Italy	71493-ETH-20-9	34,060	1.17%	710	632	0.89	nonstationary
Italy	7326X-ETH-20-9	24,840	0.86%	518	556	1.07	nonstationary

ผลการศึกษา

3. กำหนดระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมตามในแต่ละคลังสินค้า โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้;

- ให้ตัวแปรสุ่ม D_{ijt} แทนปริมาณความต้องการสำหรับสินค้า SKU i ของคลังสินค้า j ที่เดือน t เมื่อ $t = 1, 2, \dots, 12$ กำหนดให้ตัวแปรสุ่มทั้งหมดนี้เป็นอิสระต่อกัน
- ให้ปริมาณความต้องการต่อเดือน D_{ijt} แจกแจงปกติโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ_{ij} ขึ้นต่อเดือน (ประมาณด้วย sample mean โดยใช้คำสั่ง AVERAGE ใน Excel)
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_{ij} ขึ้นต่อเดือน (ประมาณด้วย sample standard deviation โดยใช้คำสั่ง STDEV.S ใน Excel)
- ให้ระดับการให้บริการต่อรอบ (cycle service level - CSL) มีค่าอย่างน้อย 95% จะได้ค่า safety stock

$$SS_{ij} = \Phi^{-1}(0.95)\sigma_{ij}\sqrt{L + R}$$

โดยที่ safety factor คำนวณจาก 95 percentile ของการแจกแจงปกติมาตรฐาน (คำสั่ง NORM.INV(0.95,0,1))

- ระดับสั่งถึง (OUTL) คำนวณได้จาก

$$S_{ij} = \mu_{ij}(L + R) + SS_{ij}$$

ผลการศึกษา

ผลการคำนวณ OUTL ของแต่ละคลังสินค้า จากข้อมูล Demand 2016 ที่ระดับ **CSL95%**

Warehouse	Product	Mean L+R	SD L+R	SS	OUTL	OUTL FULL DRUM
Italy	70452-ETH-136-9	152,637.33	10,287.32	16,921.14	169,558.47	169,592.00
Italy	70075-IPA-136-9	66,640.00	6,056.71	9,962.40	76,602.40	76,704.00
Italy	70865-ETH-136-9	55,533.33	7,609.39	12,516.33	68,049.66	68,136.00
Italy	72242-WW-20-9	24,097.50	7,971.39	13,111.76	37,209.26	37,220.00
Italy	71523-ETH-136-9	23,046.33	3,441.48	5,660.73	28,707.06	28,832.00
Italy	7326X-ETH-136-9	23,006.67	2,731.78	4,493.38	27,500.04	27,608.00
Italy	7049X-ETH-20-9	12,999.58	3,471.85	5,710.68	18,710.26	18,720.00
Italy	70452-ETH-20-9	11,025.00	4,096.73	6,738.52	17,763.52	17,780.00
Italy	72046-IPA-20-9	8,989.17	2,302.51	3,787.28	12,776.45	12,780.00
Italy	70336-IPA-20-9	7,326.67	930.86	1,531.12	8,857.79	8,860.00
Italy	70233-IPA-20-9	6,699.58	994.85	1,636.38	8,335.97	8,340.00
Italy	70002-IPA-20-9	6,571.25	799.07	1,314.36	7,885.61	7,900.00
Italy	71493-ETH-20-9	4,967.08	1,671.05	2,748.63	7,715.71	7,720.00
Italy	7326X-ETH-20-9	3,622.50	1,471.47	2,420.36	6,042.86	6,060.00

ผลการศึกษา

4. สร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบผลกับข้อมูลจริงจาก Demand ปี 2017:

รายละเอียดของแบบจำลองกล่าวโดยสรุปคือ ในแต่ละสัปดาห์มีเหตุการณ์เกิดขึ้นตามลำดับดังนี้

1. รับสินค้า
2. ส่งตามปริมาณความต้องการ หรือหากไม่พอเกิดเป็นสินค้าค้างส่ง (Backorder)
3. ตรวจสอบ Inventory Position (IP) เพื่อทำการสั่งซื้อให้ถึง OUTL สำหรับสัปดาห์ t กำหนดให้

D_t = ปริมาณความต้องการ (Demand)

R_t = จำนวนสินค้าที่รับมาต้นสัปดาห์

IO_t = จำนวนสินค้าสั่งแล้วยังไม่ได้รับ (inventory on-order)

IL_t^b = จำนวนสินค้าคงคลังก่อนเกิด Demand

IL_t = จำนวนสินค้าคงคลังปลายสัปดาห์ (หลังเกิด Demand)

Q_t = จำนวนสินค้าสั่ง (Order quantity)

ผลการศึกษา

4. สร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบผลกับข้อมูลจริงจาก Demand ปี 2017:

ในแบบจำลอง จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$IO_t = IO_{t-1} + Q_{t-1} - R_t$$

จำนวนค้างส่งสัปดาห์ t ได้จากที่ค้างส่งสัปดาห์ที่แล้ว ($t - 1$) รวมกับที่เพิ่งสั่งซื้อ ลบด้วยที่เพิ่งได้รับ

$$IL_t^b = IL_{t-1} + R_t$$

จำนวนสินค้าคงคลังก่อนเกิด Demand ในสัปดาห์ t ได้จาก ที่เหลือปลายสัปดาห์ที่แล้ว รวมกับที่เพิ่งได้รับ

$$IL_t = IL_t^b - D_t$$

จำนวนสินค้าปลายสัปดาห์ ได้จาก จำนวนสินค้าก่อนเกิด Demand ลบด้วยจำนวน Demand หาก IL_t มีค่าเป็นลบแสดงว่ามีสินค้าค้างส่ง โดยจำนวนที่ค้างส่งได้จาก $B_t = \max(-IL_t, 0)$

$$IP_t = IL_t + IO_t$$

ทำการสั่งซื้อด้วยจำนวน $OUTL - IP_t$ เพื่อให้ IP_t ขึ้นไปถึงเท่ากับ $OUTL$ สำหรับสัปดาห์ t

ผลการศึกษา

4. สร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบผลกับข้อมูลจริงจากข้อมูล Demand ปี 2017:

Simulation of Replenishment System																	
Product	70452-ETH-136-9		Packaging	136 per drum													
Inventory policy																	
OUTL	169992																
70452-ETH-136-9 Total	65824																
	Demand	Lead time (wk)	Receipts	Inv. On order	IL after receipts before demand occurs	Demand	IL after demand occurs	IP after demand occurs	Inv. On hand	Backorders	Order quantity	Order delivery period if an order is placed	Avg inv	SS (IL at end of cycle)	Avg inv over time	Monthly Avg inv	Storage Cost
i	D_i	L_i	R_i	IO_i	IL_i^h	D_i	IL_i	IP_i	I_i	B_i	Q_i	T_i					
W47									71,672								
W48											21760	W1					
W49											36992	W2					
W50											97920	W3					
W51												W4					
W52				0			65824					W5					
W1	19,040	6	-	156,672	65,824	19,040	46,784	203,456	46,784	-	-	W7	56,304				
W2	19,040	6	21,760	134,912	68,544	19,040	49,504	184,416	49,504	-	-	W8	59,024	46,784		57,664	
W3	19,040	6	36,992	97,920	86,496	19,040	67,456	165,376	67,456	-	4,216	W9	76,976	49,504		64,101	
W4	19,040	6	97,920	4,216	165,376	19,040	146,336	150,552	146,336	-	19,040	W10	155,856	67,456		87,040	4,526.08
W5	19,040	6	-	23,256	146,336	19,040	127,296	150,552	127,296	-	19,040	W11	136,816				96,995
W6	19,040	6	-	42,296	127,296	19,040	108,256	150,552	108,256	-	19,040	W12	117,776				100,459
W7	19,040	6	-	61,336	108,256	19,040	89,216	150,552	89,216	-	19,040	W13	98,736				100,213
W8	19,040	6	-	80,376	89,216	19,040	70,176	150,552	70,176	-	19,040	W14	79,696				97,648
W9	24,480	6	4,216	95,200	74,392	24,480	49,912	145,112	49,912	-	24,480	W15	62,152	70,176		93,704	
W10	24,480	6	19,040	100,640	68,952	24,480	44,472	145,112	44,472	-	24,480	W16	56,712	49,912		90,005	
W11	24,480	6	19,040	106,080	63,512	24,480	39,032	145,112	39,032	-	24,480	W17	51,272	44,472		86,484	
W12	24,480	6	19,040	111,520	58,072	24,480	33,592	145,112	33,592	-	24,480	W18	45,832	39,032		83,096	53,992
W13	20,128	6	19,040	116,960	52,632	20,128	32,504	149,464	32,504	-	20,128	W19	42,568	33,592		79,978	
W14	20,128	6	19,040	118,048	51,544	20,128	31,416	149,464	31,416	-	20,128	W20	41,480	32,504		77,229	
W15	20,128	6	24,480	113,696	55,896	20,128	35,768	149,464	35,768	-	20,128	W21	45,832	31,416		75,135	
W16	20,128	6	24,480	109,344	60,248	20,128	40,120	149,464	40,120	-	20,128	W22	50,184	35,768		73,576	45,016
																	2,340.83

Lead-time

Actual weekly demand 2017

OUTL ของสินค้าแต่ละรายการ

สินค้าคงเหลือต้นปี 2017

Inventory on order 2016

Input Data

ผลการศึกษา

4. สร้างแบบจำลองเพื่อทดสอบผลกับข้อมูลจริงจากข้อมูล Demand ปี 2017:

Simulation of Replenishment System																			
Product		70452-ETH-136-9			Packaging		136 per drum												
Inventory policy		OUTL			169592														
70452-ETH-136-9 Total		65824																	
Wk. No.	Demand	Lead time (w)	Receipts	Inv. On order	IL after receipts before demand occurs	Demand	IL after demand occurs	IP after demand occurs	Inv. On hand	Backorders	Order quantity	Order delivery period if placed	Avg inv	SS (L at end of cycle)	Avg inv over time	Monthly Avg inv	Storage Cost		
i	D_i	L_i	R_i	IO_i	IL_i^h	D_i	IL_i	IP_i	I_i	B_i	Q_i	T_i							
W47									71,672							91,120			
W48											21760	W2			63,059				
W49											36992	W3							
W50											97920	W4							
W51												W5							
W52				0		65824													
W1	19,040	6	-	156,672	65,824	19,040	46,784	203,456											
W2	19,040	6	21,760	134,912	68,544	19,040	49,504	184,416											
			36,992	97,920	86,496	19,040	67,456	165,376	67,456	-	4,216	W9	76,976	49,504	64,101				
			97,920	4,216	165,376	19,040	146,336	150,552	146,336	-	19,040	W10	155,856	67,456	87,040	87,040	4,526.08		
			-	23,256	146,336	1					19,040	W11	136,816		96,995				
W6	19,040	6	-	42,296	127,296	1					19,040	W12	117,776		100,459				
W7	19,040	6	-	61,336	108,256	1					19,040	W13							
W8	19,040	6	-	80,376	89,216	19,040	70,176	150,552	70,176	-	19,040	W14							
W9	24,480	6	4,216	95,200	74,392	24,480	49,912	145,112	49,912	-	24,480	W15							
W10	24,480	6	19,040	100,640	68,952	24,480	44,472	145,112	44,472	-	24,480	W16	56,712	49,912	90,005				
W11	24,480	6	19,040	106,080	63,512	24,480	39,032	145,112	39,032	-	24,480	W17	51,272	44,472	86,484				
W12	24,480	6	19,040	111,520	58,072	24,480	33,592	145,112	33,592	-	24,480	W18	45,832	39,032	83,096	53,992	2,807.58		
W13	20,128	6	19,040	116,960	52,632	20,128	32,504	149,464	32,504	-	20,128	W19	42,568	33,592	79,978				
W14	20,128	6	19,040	118,048	51,544	20,128	31,416	149,464	31,416	-	20,128	W20	41,480	32,504	77,229				
W15	20,128	6	24,480	113,696	55,896	20,128	35,768	149,464	35,768	-	20,128	W21	45,832	31,416	75,135				
W16	20,128	6	24,480	109,344	60,248	20,128	40,120	149,464	40,120	-	20,128	W22	50,184	35,768	73,576	45,016			

Inventory Level หลังจากรับสินค้า

Inventory Level หลังจากส่งของ

Inventory Position ในแต่ละสัปดาห์

สินค้าที่จะได้รับในแต่ละสัปดาห์

Backorders

จำนวนสินค้าที่ต้องสั่งซื้อในแต่ละสัปดาห์

Output

สินค้าคงเหลือโดยเฉลี่ยของแต่ละเดือน

ผลการศึกษา

5. ประเมินผลจากแบบจำลอง โดยมีตัววัดผล (KPI) ดังนี้

- Average Monthly Inventory
- Total Holding Cost/Year
- Service Level
 - Fill Rate (FR)
 - Cycle Service Level (CSL)

ผลการศึกษา

5. ประเมินผลจากแบบจำลอง: **Given 95% CSL**

Input

Mean Demand: Jan-Dec 2016

Review Period: 1 week

Lead-time: 6 weeks

Output

Avg. Inventory = 250Tons/Month

Total Holding Cost:

New Entries Load = 156,226 EUR/Year

Storage = 121,417 EUR/Year

Product	Jan-17	Feb-17	Mar-17	Apr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Nov-17	Dec-17	Avg Stock/Month	Receipts qty/Year
COGS	2.55	EUR/Unit												
Storage cost	0.052	per kg/month												
CSL	95%													
70452-ETH-136-9	87,040	108,256	53,992	45,016	57,256	35,700	8,432	40,732	77,656	73,100	78,404	91,120	63,059	981784
70865-ETH-136-9	48,960	48,960	21,862	24,276	31,756	15,776	9,996	30,396	39,236	28,696	26,316	30,396	29,719	326536
70075-IPA-136-9	89,760	133,280	103,360	73,440	47,056	33,864	30,464	44,064	45,424	30,124	27,404	36,924	57,930	321504
7326X-ETH-136-9	25,568	15,198	14,008	5,848	5,168	5,168	5,168	10,608	16,728	10,268	8,228	15,028	11,416	135320
71523-ETH-136-9	29,648	54,128	43,384	32,640	19,040	9,724	13,532	16,592	18,292	14,212	11,152	14,892	23,103	107712
70452-ETH-20-9	21,720	12,270	0	0	6,920	3,680	7,730	13,065	12,550	11,840	11,370	6,595	8,978	75180
7049X-ETH-20-9	32,780	27,540	21,600	11,860	5,030	11,295	12,245	8,705	10,590	6,035	4,720	8,500	13,408	59800
71493-ETH-20-9	29,970	21,600	12,960	5,940	1,270	0	0	1,075	1,550	0	5,495	1,220	6,757	36880
72046-IPA-20-9	8,850	2,575	2,615	1,625	9,060	8,090	6,225	4,970	3,075	4,680	6,350	9,610	5,644	60480
8336-IPA-20-9	7,980	2,390	1,345	2,955	3,340	1,245	1,115	840	4,015	2,495	1,955	4,895	2,881	50380
8302-IPA-20-9	9,020	4,040	0	2,405	4,935	2,720	3,075	0	0	3,750	3,930	2,945	3,068	42700
8309-IPA-20-9	10,050	4,740	0	2,555	4,840	3,090	2,460	3,515	3,620	2,470	3,655	3,045	3,670	38940
8304-ETH-20-9	16,740	13,230	9,180	5,400	2,055	95	360	2,370	2,245	1,405	0	0	4,423	27080
8305-IPA-20-9	2,700	1,525	185	0	0	0	1,635	3,080	2,370	1,060	690	1,325	1,214	17220
8306-IPA-20-9	2,960	1,145	1,720	590	1,715	4,390	4,305	4,735	3,795	3,890	4,815	3,935	3,166	16720
8307-ETH-20-9	12,080	9,820	6,480	4,860	5,070	5,140	2,980	1,630	3,790	3,385	5,005	5,050	5,441	6760
8308-IPA-20-9	1,570	605	0	0	0	1,270	1,960	2,000	650	0	860	1,095	834	11120
8309-ETH-136-9	0	1,836	3,672	3,672	3,672	3,672	3,672	3,672	0	0	2,992	3,672	2,544	14552
8310-IPA-20-9	0	250	500	500	500	500	500	500	0	0	0	0	271	4280
8311-ETH-20-9	4,860	4,860	4,050	3,240	3,240	3,240	2,430	1,620	1,620	1,620	1,620	1,620	2,835	0
Total Stock	442,256	468,248	300,913	226,822	211,923	148,659	118,284	194,169	247,206	199,030	204,961	241,867	250,362	2,334,948
Storage Cost	22,997	24,349	15,647	11,795	11,020	7,730	6,151	10,097	12,855	10,350	10,658	12,577	156,226	121,417

ผลการศึกษา

5. ประเมินผลจากแบบจำลอง: **Given 95% CSL**

Input

Mean Demand: Jan-Dec 2016

Review Period: 1 week

Lead-time: 6 weeks

Fill Rate = 96%

- High Runner = 98%

- Low Runner = 82%

Cycle Service Level= 88%

- High Runner = 97%

- Low Runner = 84%

Product	Total Back Order	Demand 2017	Fill Rate	Back Order Freq.	CSL
70452-ETH-136-9	20,672	975,936	97.88%	4	91.67%
70865-ETH-136-9	-	359,040	100.00%	-	100.00%
70075-IPA-136-9	-	337,280	100.00%	-	100.00%
7326X-ETH-136-9	-	152,320	100.00%	-	100.00%
71523-ETH-136-9	-	119,408	100.00%	-	100.00%
70452-ETH-20-9	16,655	93,600	82.21%	6	87.50%
7049X-ETH-20-9	-	82,880	100.00%	-	100.00%
71493-ETH-20-9	20,545	73,620	72.09%	15	68.75%
72046-IPA-20-9	2,275	67,360	96.62%	3	93.75%
70336-IPA-20-9	2,060	56,100	96.33%	4	91.67%
70002-IPA-20-9	13,630	51,500	73.53%	11	77.08%
70233-IPA-20-9	3,040	47,940	93.66%	4	91.67%
7326X-ETH-20-9	11,140	45,320	75.42%	13	72.92%
70269-IPA-20-9	6,445	18,360	64.90%	15	68.75%
70105-IPA-20-9	450	18,020	97.50%	2	95.83%
70518-ETH-20-9	-	14,420	100.00%	-	100.00%
70300-IPA-20-9	5,260	11,680	54.97%	17	64.58%
71493-ETH-136-9	7,208	10,880	33.75%	3	93.75%
7327X-IPA-20-9	4,900	5,400	9.26%	15	68.75%
73339-ETH-20-9	-	3,240	100.00%	-	100.00%
Total	114,280	2,544,304	96%	112	88%
High runner	37,327	2,120,464	98%	10	97%
Low runner	76,953	423,840	82%	102	84%

ผลการศึกษา

5. ประเมินผลจากแบบจำลอง: **Given 95% CSL**

Input

Mean Demand: Jan-Dec 2016
 Review Period: 1 week
 Lead-time: 6 weeks

Fill Rate = 96%

- High Runner = 98%
- Low Runner = 82%

Cycle Service Level= 88%

- High Runner = 97%
- Low Runner = 84%

Product	Total Back Order	Demand 2017	Fill Rate	Back Order Freq.	CSL
70452-ETH-136-9	20,672	975,936	97.88%	4	91.67%
70865-ETH-136-9	-	359,040	100.00%	-	100.00%
70075-IPA-136-9	-	337,280	100.00%	-	100.00%
7326X-ETH-136-9	-	152,320	100.00%	-	100.00%
71523-ETH-136-9	-	112,320	100.00%	-	100.00%
70452-ETH-136-9	-	975,936	97.88%	4	91.67%
7049X-ETH-136-9	-	359,040	100.00%	-	100.00%
71493-ETH-136-9	-	337,280	100.00%	-	100.00%
72046-IPA-20-9	-	152,320	100.00%	-	100.00%
70336-IPA-20-9	-	112,320	100.00%	-	100.00%
70002-IPA-20-9	-	975,936	97.88%	4	91.67%
70233-IPA-20-9	-	359,040	100.00%	-	100.00%
7326X-ETH-136-9	-	152,320	100.00%	-	100.00%
70105-IPA-20-9	-	112,320	100.00%	-	100.00%
70518-ETH-20-9	-	14,420	100.00%	-	100.00%
70300-IPA-20-9	5,260	11,680	54.97%	17	64.58%
71493-ETH-136-9	7,208	10,880	33.75%	3	93.75%
7327X-IPA-20-9	4,900	5,400	9.26%	15	68.75%
73339-ETH-20-9	-	3,240	100.00%	-	100.00%
Total	114,280	2,544,304	96%	112	88%
High runner	37,327	2,120,464	98%	10	97%
Low runner	76,953	423,840	82%	102	84%

CSL < Desired CSL (95%)

ปรับปรุงค่า **OUTL** จากข้อมูล Demand 2016 ที่ระดับ
CSL97% และ **CSL99%**

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

WH: ITALY (CLAUS)

LEAD-TIME	6 WEEKS
REVIEW PERIOD	1 WEEK
EXCHANGE RATE	38 THB/EUR

Average Inventory Reduction = 39% per month
Cost Saving = 29% per year

KPI	Actual 2017	CSL 95%			CSL 97%			CSL 99%		
		Result	Change	%	Result	Change	%	Result	Change	%
Average Monthly Inventory (kg.)	448,654	250,362	-198,293	-44%	258,919	-189,735	-42%	275,732	-172,922	-39%
Total Holding Cost (EUR)/Year	413,380	277,643	-135,737	-33%	283,600	-129,780	-31%	295,273	-118,107	-29%
Total Holding Cost (THB)/Year	15,708,465	10,550,434	-5,158,031	-33%	10,776,800	-4,931,665	-31%	11,220,374	-4,488,066	-29%
Service Level (Target)										
Fill Rate (FR)	95%	96%			96%			98%		
- High Runner		98%			99%			99%		
- Low Runner		82%			84%			89%		
In-Stock Probability (ISP)		88%			90%			92%		
- High Runner		97%			98%			98%		
- Low Runner		84%			86%			89%		

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

WH: FRANCE (CARE LE HAVRE)

LEAD-TIME	6 WEEKS
REVIEW PERIOD	1 WEEK
EXCHANGE RATE	38 THB/EUR

Average Inventory Reduction = 50% per month
Cost Saving = 52% per year

KPI	Actual 2017	CSL 95%			CSL 97%			CSL 99%		
		Result	Change	%	Result	Change	%	Result	Change	%
Average Monthly Inventory (kg.)	766,995	361,535	-405,460	-53%	367,981	-399,014	-52%	380,368	-386,627	-50%
Total Holding Cost (EUR)/Year	206,129	94,661	-111,468	-54%	96,113	-110,016	-53%	98,910	-107,219	-52%
Total Holding Cost (THB)/Year	7,832,911	3,597,118	-4,235,784	-54%	3,652,294	-4,180,617	-53%	3,758,580	-4,074,322	-52%
Service Level (Target)	95%									
Fill Rate (FR)		95%			97%			98%		
- High Runner		97%			98%			99%		
- Low Runner		86%			88%			92%		
In-Stock Probability (ISP)		93%			94%			96%		
- High Runner		93%			94%			97%		
- Low Runner		92%			93%			95%		

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

WH: SPAIN (MASSO)

LEAD-TIME	6 WEEKS
REVIEW PERIOD	1 WEEK
EXCHANGE RATE	38 THB/EUR

Service level **below** target!!

KPI	Actual 2017	CSL 95%			CSL 97%			CSL 99%		
		Result	Change	%	Result	Change	%	Result	Change	%
Average Monthly Inventory (kg.)	173,702	74,940	-98,762	-57%	77,814	-95,888	-55%	83,050	-90,652	-52%
Total Holding Cost (EUR)/Year	53,687	33,634	-20,053	-37%	34,263	-19,424	-36%	35,410	-18,277	-34%
Total Holding Cost (THB)/Year	2,040,119	1,278,092	-762,027	-37%	1,301,994	-738,125	-36%	1,345,580	-694,539	-34%
Service Level (Target)	95%									
Fill Rate (FR)		82%			83%			83%		
- High Runner		86%			87%			87%		
- Low Runner		60%			60%			62%		
In-Stock Probability (ISP)		75%			77%			79%		
- High Runner		69%			72%			74%		
- Low Runner		78%			79%			81%		

สรุปผล

Inventory	Average Monthly Inventory (kg.)			
	Actual	Result	Reduction	%
Italy	448,654	275,732	172,922	39%
France	766,995	380,368	386,627	50%
Total	1,215,649	656,100	559,549	46%

Inventory	Average Monthly Inventory (THB)			
	Actual	Result	Reduction	%
Italy	43,474,573	26,718,399	16,756,174	39%
France	74,321,816	36,857,659	37,464,156	50%
Total	117,796,388	63,576,058	54,220,330	46%

Cost	Total Holding Cost (THB)/Year			
	Actual	Result	Saving	%
Italy	15,708,440	11,220,374	4,488,066	29%
France	7,832,761	3,758,580	4,074,181	52%
Total	23,541,201	14,978,954	8,562,247	36%

Inventory Policy:
Review period, OUTL
Mean Demand: Jan-Dec 2016
Review Period: 1 week
Lead-time: 6 weeks
CSL: 99%

DECREASE INVENTORY 54 ML/Month
TOTAL COST SAVING: 8.6 ML/Year

WAREHOUSE POOLING

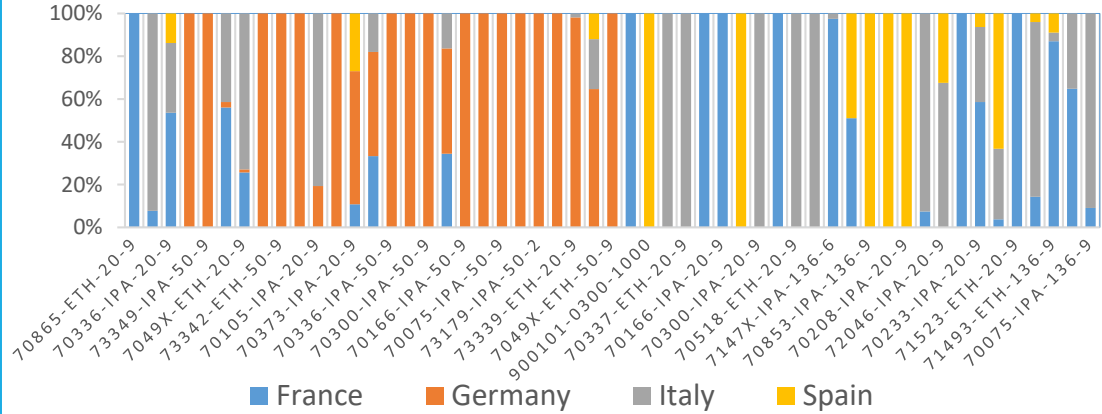
ผลการศึกษา

- POOLING WH:**
- France
 - Italy
 - Spain

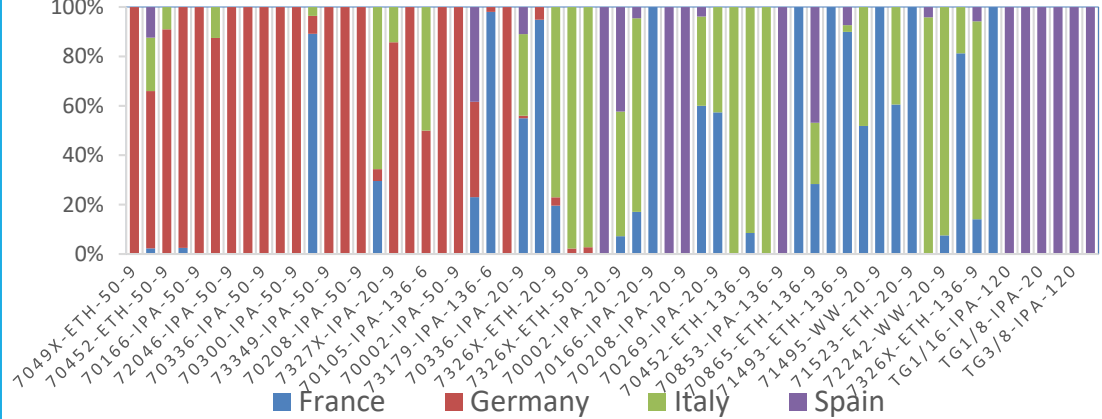
WAREHOUSE POOLING:



PRODUCT MIX 2017



PRODUCT MIX 2016



ผลการศึกษา

กำหนดระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมสำหรับการรวมคลังสินค้าให้เหลือเพียงแห่งเดียว มีวิธีการคำนวณดังนี้;

ให้ m แทนจำนวนคลังสินค้าทั้งหมด สำหรับสินค้ารายการที่ i ในเดือนที่ t ปริมาณความต้องการรวมจากทุกคลังสินค้าแทนด้วย

$$D_i^T = \sum_{j=1}^m D_{ij}t$$

จะได้ว่าค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของปริมาณความต้องการรวมเป็นดังนี้

$$E[D_i^T] = \sum_{j=1}^m \mu_{ij}$$

$$var(D_i^T) = \sum_{j=1}^m \sigma_{ij}^2$$

ดังนั้น จะได้ **OUTL** สำหรับสินค้ารายการที่ i คือ

$$S_i^T = \sum_{j=1}^m \mu_{ij} (L + R) + SS_i^T$$

โดยที่ **safety stock** คำนวณจาก

$$SS_i^T = \Phi^{-1}(0.95) \sqrt{\sum_{j=1}^m \sigma_{ij}^2 (L + R)}$$

หรือทำการประมาณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความต้องการรวม

ผลการศึกษา

ข้อมูล Demand รวมคลังในปี 2016

คำนวณ OUTL รวมคลังที่ระดับ **CSL99%**

Product	Grand Total	%	Mean	SD	CV	Stationary?
Pool 70865-ETH-136-9	1,535,168	26.14%	31,983	4,219	0.13	stationary
Pool 70452-ETH-136-9	1,145,800	19.51%	23,871	4,318	0.18	stationary
Pool 70075-IPA-136-9	583,168	9.93%	12,149	3,752	0.31	stationary
Pool 71523-ETH-136-9	400,112	6.81%	8,336	1,487	0.18	stationary
Pool 71493-ETH-136-9	299,472	5.10%	6,239	952	0.15	stationary
Pool 7326X-ETH-136-9	196,928	3.35%	4,103	1,185	0.29	stationary
Pool 72242-WW-20-9	178,740	3.04%	3,724	3,356	0.90	nonstationary
Pool 70336-IPA-20-9	150,660	2.57%	3,139	691	0.22	stationary
Pool 73339-ETH-20-9	146,040	2.49%	3,043	813	0.27	stationary
Pool 71523-ETH-20-9	132,840	2.26%	2,768	1,196	0.43	stationary
Pool 7049X-ETH-20-9	129,260	2.20%	2,693	1,617	0.60	nonstationary
Pool 70233-IPA-20-9	126,940	2.16%	2,645	625	0.24	stationary
Pool 70452-ETH-20-9	126,920	2.16%	2,644	2,015	0.76	nonstationary
Pool 73179-IPA-136-6	107,712	1.83%	2,244	1,342	0.60	nonstationary
Pool 70002-IPA-20-9	89,340	1.52%	1,861	1,039	0.56	nonstationary
Pool 70853-IPA-136-9	79,288	1.35%	1,652	854	0.52	nonstationary
Pool 71493-ETH-20-9	70,780	1.21%	1,475	1,572	1.07	nonstationary
Pool 72046-IPA-20-9	64,340	1.10%	1,340	914	0.68	nonstationary
Pool 70208-IPA-136-9	36,856	0.63%	768	739	0.96	nonstationary
Pool 70269-IPA-20-9	32,940	0.56%	686	421	0.61	nonstationary
Pool 7326X-ETH-20-9	31,160	0.53%	649	568	0.87	nonstationary
Pool 70853-IPA-20-9	25,920	0.44%	540	335	0.62	nonstationary

Product	Mean L+R	SD L+R	SS	OUTL	OUTL FULL DRUM
Pool 70865-ETH-136-9	223,878.67	11,161.58	18,359.16	242,237.83	242,352.00
Pool 70452-ETH-136-9	167,095.83	11,423.38	18,789.78	185,885.62	185,912.00
Pool 70075-IPA-136-9	85,045.33	9,926.50	16,327.64	101,372.97	101,456.00
Pool 71523-ETH-136-9	58,349.67	3,933.75	6,470.44	64,820.11	64,872.00
Pool 71493-ETH-136-9	43,673.00	2,519.16	4,143.64	47,816.64	47,872.00
Pool 7326X-ETH-136-9	28,718.67	3,136.28	5,158.73	33,877.39	34,000.00
Pool 72242-WW-20-9	26,066.25	8,878.62	14,604.02	40,670.27	40,680.00
Pool 70336-IPA-20-9	21,971.25	1,827.07	3,005.26	24,976.51	24,980.00
Pool 73339-ETH-20-9	21,297.50	2,149.84	3,536.17	24,833.67	24,840.00
Pool 71523-ETH-20-9	19,372.50	3,165.52	5,206.82	24,579.32	24,580.00
Pool 7049X-ETH-20-9	18,850.42	4,277.79	7,036.34	25,886.75	25,900.00
Pool 70233-IPA-20-9	18,512.08	1,653.49	2,719.75	21,231.84	21,240.00
Pool 70452-ETH-20-9	18,509.17	5,329.93	8,766.95	27,276.12	27,280.00
Pool 73179-IPA-136-6	15,708.00	3,551.44	5,841.60	21,549.60	21,624.00
Pool 70002-IPA-20-9	13,028.75	2,749.95	4,523.26	17,552.01	17,560.00
Pool 70853-IPA-136-9	11,562.83	2,260.39	3,718.01	15,280.85	15,368.00
Pool 71493-ETH-20-9	10,322.08	4,158.41	6,839.98	17,162.06	17,180.00
Pool 72046-IPA-20-9	9,382.92	2,417.33	3,976.16	13,359.07	13,360.00
Pool 70208-IPA-136-9	5,374.83	1,955.18	3,215.99	8,590.82	8,704.00
Pool 70269-IPA-20-9	4,803.75	1,114.89	1,833.82	6,637.57	6,640.00
Pool 7326X-ETH-20-9	4,544.17	1,501.73	2,470.12	7,014.29	7,020.00
Pool 70853-IPA-20-9	3,780.00	886.97	1,458.93	5,238.93	5,240.00

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

Average Inventory Reduction :
Individual Location = 47% per month
Warehouse Pooling = 57% per month

Inventory	Average Monthly Inventory (kg.)						
	Actual	Individual Simulation			Pooling Simulation		
		Result	Reduction	%	Result	Reduction	%
Italy	448,654	275,732	172,922	39%			
France	766,995	380,368	386,627	50%			
Spain	173,702	83,050	90,652	52%			
Total	1,389,351	739,150	650,201	47%	593,124	796,227	57%

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

Average Inventory Reduction :
Individual Location = 63 MTHB per month
Warehouse Pooling = 77 MTHB per month

Inventory	Average Monthly Inventory (THB)						
	Actual	Individual Simulation			Pooling Simulation		
		Result	Reduction	%	Result	Reduction	%
Italy	43,474,573	26,718,399	16,756,174	39%			
France	74,321,816	36,857,659	37,464,156	50%			
Spain	16,831,692	8,047,545	8,784,147	52%			
Total	134,628,080	71,623,603	63,004,477	47%	57,473,667	77,154,413	57%

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

Cost Saving:
Individual Location = 9.3 ML/Year
Warehouse Pooling in **ITALY** = 2.2 ML/Year

Cost	Total Holding Cost (THB)/Year						
	Actual	Individual Simulation			Pooling: ITALY		
		Result	Saving	%	Result	Reduction	%
Italy	15,708,465	11,220,374	4,488,091	29%			
France	7,832,911	3,758,580	4,074,331	52%			
Spain	2,040,119	1,345,580	694,539	34%			
Total	25,581,495	16,324,534	9,256,961	36%	23,397,061	2,184,434	9%

**ITALY WH – Holding cost 3 times higher than others

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

Cost Saving:
Individual Location = 9.3 ML/Year
Warehouse Pooling in **FRANCE** = 18.3 ML/Year

Cost	Total Holding Cost (THB)/Year						
	Actual	Individual Simulation			Pooling: FRANCE		
		Result	Saving	%	Result	Reduction	%
Italy	15,708,465	11,220,374	4,488,091	29%			
France	7,832,911	3,758,580	4,074,331	52%			
Spain	2,040,119	1,345,580	694,539	34%			
Total	25,581,495	16,324,534	9,256,961	36%	7,290,081	18,291,414	72%

ผลการศึกษา

เปรียบเทียบผลจากแบบจำลอง

Cost Saving:
Individual Location = 9.2 ML/Year
Warehouse Pooling in **SPAIN** = 18 ML/Year

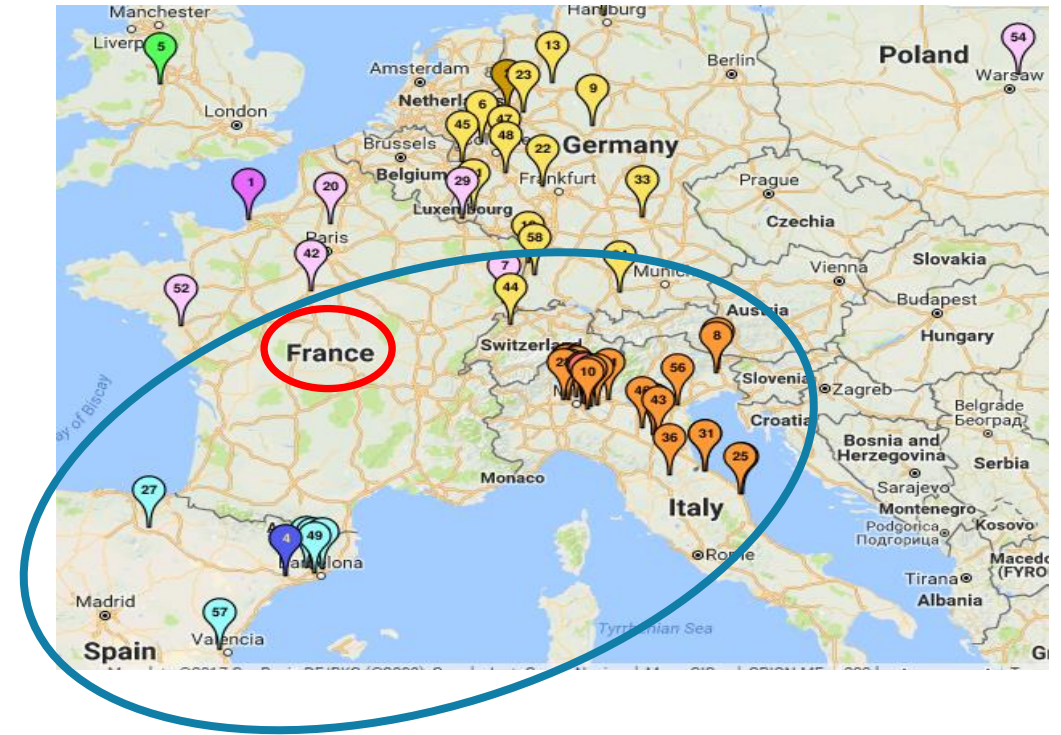
Cost	Total Holding Cost (THB)/Year						
	Actual	Individual Simulation			Pooling: SPAIN		
		Result	Saving	%	Result	Reduction	%
Italy	15,708,465	11,220,374	4,488,091	29%			
France	7,832,911	3,758,580	4,074,331	52%			
Spain	2,040,119	1,345,580	694,539	34%			
Total	25,581,495	16,324,534	9,256,961	36%	7,558,054	18,023,441	70%

สรุปผล

Location Pooling	Total Holding Cost (THB)/Year			
	Actual	Result	Saving	%
ITALY	25,581,320	23,397,061	2,184,259	9%
France	25,581,320	7,290,081	18,291,239	72%
Spain	25,581,320	7,558,054	18,023,266	70%

จากผลการเปรียบเทียบ **Cost Saving** และ **Location** การรวมคลังสินค้าที่ **FRANCE** มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจาก:

- **Cost Saving** สูงสุด = **18.29** ล้านบาทต่อปี
- **Location** อยู่ในจุดศูนย์กลางพื้นที่กระจายสินค้า



ข้อเสนอแนะ

นโยบายสินค้าคงเหลือแบบ **Periodic Review, Stock-Up-To-Level** สามารถช่วยลดสินค้าคงเหลือ ซึ่งนำไปสู่การลดต้นทุนในการจัดเก็บได้ อย่างไรก็ตามก็ดียังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาเพื่อนำไปปรับปรุงให้การนำไปใช้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้นดังนี้

1. ข้อมูล Mean Demand ที่นำมาใช้ในการคำนวณ OUTL

สามารถนำทฤษฎีการ **Forecast** มาประยุกต์ใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลความต้องการของสินค้าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

2. การจัดกลุ่มประเภทสินค้า **ABC Classification – High Runner/Low Runner** เพื่อปรับนโยบายสินค้าคงเหลือให้สอดคล้องกับแต่ละประเภท

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าสินค้าสามารถแบ่งเป็นประเภท **High runner** และ **Low runner** ดังนั้นบริษัทสามารถพิจารณาเพื่อดำเนินนโยบายที่แตกต่างกันได้ เช่น

- **High Runner** ซึ่งส่วนใหญ่มีความต้องการค่อนข้างคงที่ สามารถใช้นโยบาย **Periodic Review, Stock-Up-To-Level** ดังที่นำเสนอ
- **Low Runner** ซึ่งส่วนมากมี **Demand** ไม่คงที่อาจใช้แยกนโยบาย **Lot sizing with Safety Stock** อาจเหมาะสมมากกว่า

ข้อเสนอแนะ

3. การพิจารณา **Total Cost Saving** สำหรับการรวมคลังสินค้า

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าการรวมคลังสินค้าสามารถช่วยลดสินค้าคงเหลือ และต้นทุนการจัดเก็บได้ อย่างไรก็ตามการรวมคลังสินค้ายังก่อให้เกิดต้นทุนในด้านอื่นที่เพิ่มขึ้นได้เช่นกัน ได้แก่

3.1 ต้นทุนการขนส่งทั้ง **Inbound** และ **Outbound**

3.2 ต้นทุนด้านการจ้างงานของแต่ละคลังที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบ

3.3 ต้นทุนที่เกิดจากภาษีต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ภาษีนำเข้า ภาษีเงินได้ ซึ่งในแต่ละประเทศอาจมีอัตราที่แตกต่างกัน เป็นต้น

3.4 ต้นทุนที่เกิดจากข้อกำหนด กฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น ในบางประเทศมีข้อกำหนดด้านการกำจัด บรรจุภัณฑ์ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เป็นต้น

ซึ่งต้นทุนทั้งหมดนี้ควรต้องมีการศึกษาภาพรวม เพื่อนำมาพิจารณาว่าต้นทุนสินค้าคงเหลือที่ลดลงจากมูลค่าสินค้าคงเหลือที่ลดลงได้จำนวน 77 ล้านบาทต่อเดือน และค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงเหลือที่ลดลงได้จำนวน 18 ล้านบาทต่อปีนั้น คำนวณกับต้นทุนอื่นๆ ที่จะเพิ่มขึ้นมาได้หรือไม่ก่อนพิจารณาตัดสินใจในการรวมคลังดังกล่าว

Q & A