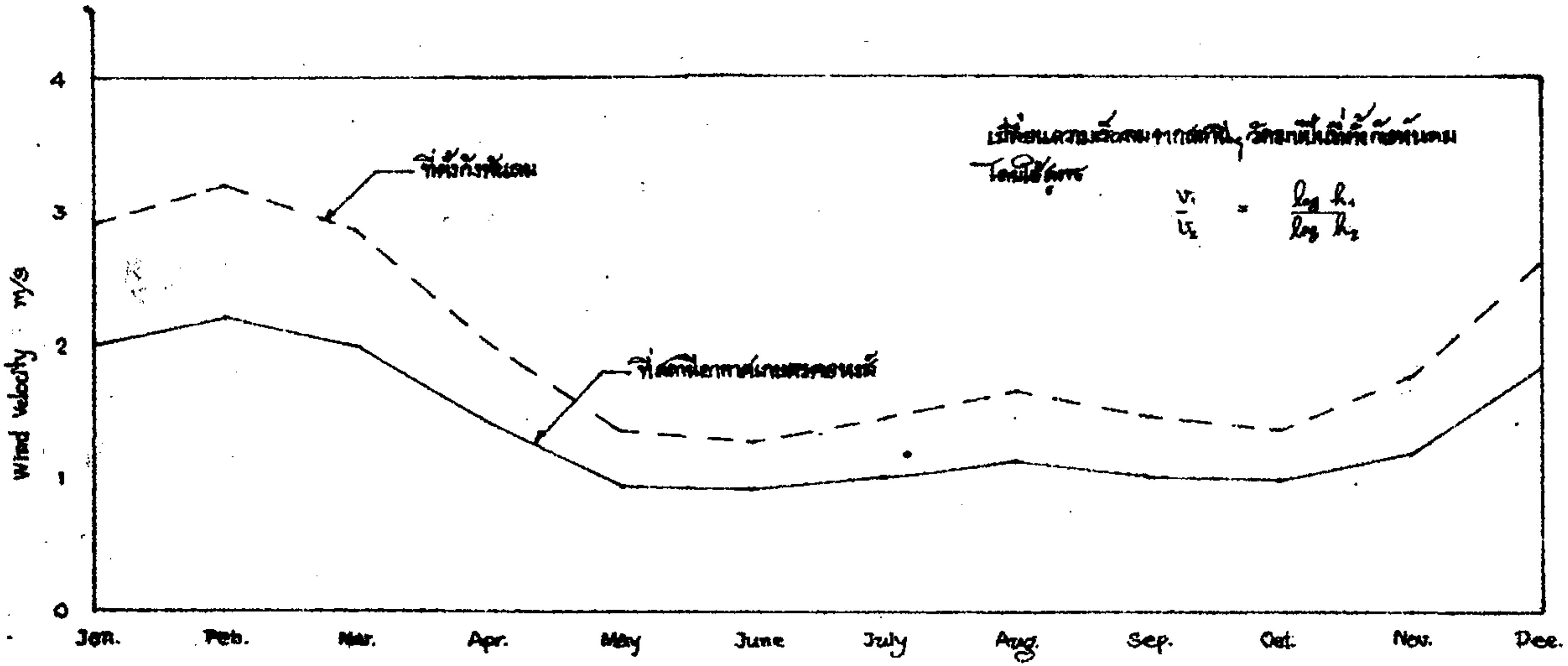
ภาคผนวก ๑

รูปที่ ๑ก) แสดงบริเวณก่อสร้างกังหันลม

ภาคผนวก 2



รูปที่ 15) ข้อมูลลมจากสถานีอากาศเกษตรคอหงส์ สงขลา ใช้ค่าเฉลี่ยความเร็วลม 10 ปี (2514 - 23)

บทผนวกที่ 3

สูตรสำหรับใช้ในการพิจารณาคุณสมบัติของกังหันลม

อัตราส่วนความเร็วผิวใน $U/V = \frac{2\pi rN}{V}$ 1)

เมื่อ U =	ความเร็วที่ปลายใบกังหัน	หน่วยเป็น	เมตร/วินาที
r =	รัศมีของกังหัน	หน่วยเป็น	เมตร
N =	จำนวนรอบของการหมุน	หน่วยเป็น	รอบ/นาที
V =	ความเร็วลม	หน่วยเป็น	เมตร/นาที

$$Hp\ (WM) = \frac{2\pi NT}{33,000}$$

เมื่อ $Hp(wm)$ =	พลังงานที่กังหันลมผลิตได้	หน่วยเป็น	กำลังม้า
T =	แรงบิด	หน่วยเป็น	ฟุต-ปอนด์
=	$(T_2 - T_1)r_D$		
T_1, T_2 =	แรงดึงในสายพานที่ใช้	หน่วยเป็น	ปอนด์
r_D =	รัศมีของ Drum.	หน่วยเป็น	ฟุต

$$C_p = \frac{Hp(wm)}{Hp(w)}$$

เมื่อ C_p = สัมประสิทธิ์ของพลังงาน

$H_p(w)$ = พลังงานลมในกระแสลมที่ 59.3%

$$WHP = \frac{QH}{76.22}$$

เมื่อ WHP =	พลังงานในการยกน้ำ	หน่วยเป็น	กำลังม้า
Q =	อัตราการสูบน้ำ	หน่วยเป็น	ลิตร/วินาที
H =	ความแตกต่างของระดับน้ำ	หน่วยเป็น	เมตร

$$BHP = \frac{WHP}{E}$$

เมื่อ BHP = พลังงานที่ใช้ทั้งสิ้นในการสูบน้ำ

E = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

$$Cp = \frac{BHP}{Hp(w)}$$

บทผนวกที่ 4

ตารางที่ 3

แสดงผลการคำนวณจากการทดลองต้นแบบ

ANGLE	WIND	T_1	T_2	RPM	U/v	TORQUE	HP	Cp (59.3%)	REMARK CpAVG
		0	0	20.4	.54	0	-	-	
	2	.130	.280	10.2	.27	4.22×10^{-2}	6.11×10^{-2}	.025	.027
		.180	.350	10.0	.27	4.78×10^{-2}	6.93×10^{-2}	.029	
		.320	.580	0	0	7.32×10^{-2}	-	-	
		0	0	30.6	.53	0	-	-	
	3	.130	.300	24.5	.43	4.78×10^{-2}	16.65×10^{-2}	.020	.019
25°		.220	.430	16.5	.28	5.9×10^{-2}	13.68×10^{-2}	.017	
		.620	1.200	0	0	16.32×10^{-2}	-	-	
		0	0	32.6	.43	0	-	-	
		.130	.280	32.4	.43	4.22×10^{-2}	19.55×10^{-2}	.010	.013
	4	.240	.490	26.5	.35	7.04×10^{-2}	26.48×10^{-2}	.013	
		.360	.720	22.4	.30	10.13×10^{-2}	32.23×10^{-2}	.017	
		.980	1.800	0	0	23.08×10^{-2}	-	-	
		0	0	40.8	.43	0	-	-	
	5	.240	.530	24.5	.26	8.16×10^{-2}	28.4×10^{-2}	.008	
		.600	1.300	14.3	.15	19.7×10^{-2}	40.0×10^{-2}	.010	.009
		1.020	2.200	0	0	33.21×10^{-2}	-	-	

ANGLE	WIND	T_1	T_2	RPM	U/V	TORQUE	HP.	CP	REMARK CPAVG
		0	0	36.7	.96	0	-	-	
		.130	.270	24.5	.64	3.94×10^{-2}	13.71×10^{-2}	.057	
	2	.210	.460	10.2	.27	7.04×10^{-2}	10.19×10^{-2}	.042	.051
		.360	.740	0	0	10.70×10^{-2}	-	-	
		0	0	57.1	1.00	0	-	-	
		.130	.320	45	.78	5.35×10^{-2}	34.09×10^{-2}	.042	
45°	3	.210	.570	26.5	.46	10.13×10^{-2}	38.18×10^{-2}	.047	.049
		.400	.840	26.3	.46	12.39×10^{-2}	46.62×10^{-2}	.057	
		.790	1.500	0	0	19.93×10^{2}	-	-	
		0	0	57.1	.75	0	-	-	
		.260	.670	47.0	.61	11.54×10^{-2}	76.87×10^{-2}	.040	
	4	.600	1.400	24.5	.32	22.52×10^{-2}	78.35×10^{-2}	.040	.040
		1.180	2.400	0	0	34.34×10^{-2}	-	-	
		0	0	71.4	.75	0	-	-	
		.130	.410	65.3	.68	7.88×10^{-2}	73.09×10^{-2}	-	
	5	.300	.710	40.8	.43	11.54×10^{-2}	66.88×10^{-2}	.019	.020
		1.020	2.780	12.2	.13	49.53×10^{-2}	85.83×10^{-2}	.024	
		1.300	3.100	0	0	50.66×10^{-2}	-	-	

STAGGER ANGLE	WIND VELOCITY (M/S)	LOAD T_2(Kg)	SPRING T_2(Kg)	R.P.M	U/v	TORQUE (lb-ft)	HP (watt)	Cp	REMARK CPAVG
		0	0	61.2	1.60	0	-	-	
		.240	.470	22.4	.58	6.48×10^{-2}	20.6×10^{-2}	.086	
	2	.270	.560	22.2	.58	8.16×10^{-2}	25.96×10^{-2}	.064	.098
		.280	.630	0	0	9.57×10^{-2}	-	.108	
		0	0	77.5	1.35	0	-	-	
		.240	.510	49.0	.86	7.46×10^{-2}	51.9×10^{-2}	.064	
65°	3	.600	1.200	44.3	.25	16.90×10^{-2}	34.3×10^{-2}	.042	.054
		.640	1.250	0	0	17.17×10^{-2}	-	-	
		0	0	95.8	1.20	0	-	-	
		.240	.490	88.8	1.18	7.18×10^{-2}	91.52×10^{-2}	.051	
	4	.600	1.200	38.7	.43	16.9×10^{-2}	78.42×10^{-2}	.040	.046
		1.030	2.000	0	0	27.3×10^{-2}	-	-	
		0	0	105.1	1.11	0	-	-	
		.250	.530	102.0	1.07	7.88×10^{-2}	114.16×10^{-2}	.030	
	5	.600	1.400	45.0	.47	22.52×10^{-2}	143.6×10^{-2}	.039	.034
		1.020	2.400	20.4	.21	38.84×10^{-2}	112.53×10^{-2}	.030	
		1.200	2.600	0	0	39.4×10^{-2}	-	-	

ANGLE	WIND	T_1	T_2	RPM	U/w	TORQUE	HP	Cp	REMARK CPAVG
	2	0	0	52.1	1.5	0	-	-	
		.130	.320	16.3	.43	5.35×10^{-2}	12.39×10^{-2}	.052	
		.150	.370	112.2	.32	6.19×10^{-2}	10.73×10^{-2}	.046	.048
		.170	.400	0	0	6.48×10^{-2}	-	-	
	3	0	0	77.5	1.35	0	-	-	
		.130	.340	57.1	1.00	5.81×10^{-2}	47.93×10^{-2}	.059	
		.180	.450	24.5	.43	7.40×10^{-2}	26.45×10^{-2}	.034	.039
85°		.210	.520	24.5	.28	8.73×10^{-2}	20.2×10^{-2}	.025	
		.240	.650	16.3	0	11.54×10^{-2}	-	-	
	4	0	0	94.0	1.23	0	-	-	
		.170	.470	65.3	.86	8.45×10^{-2}	78.33×10^{-2}	.040	
		.240	.620	61.2	.80	10.20×10^{-2}	92.97×10^{-2}	.051	.042
		.300	.730	40.8	.53	12.1×10^{-2}	70.12×10^{-2}	.037	
		.300	1.020	0	0	26.4×10^{-2}	-	-	
	5	0	0	114.3	1.20	0	-	-	
		.130	.350	100.0	1.05	6.39×10^{-2}	87.9×10^{-2}	.024	
		.400	1.200	20.4	.21	22.82×10^{-2}	65.4×10^{-2}	.017	.019
		.600	1.440	14.3	.15	23.60×10^{-2}	48.02×10^{-2}	.013	
		.730	1.660	0	0	26.17×10^{-2}	-	-	

<u>ตารางที่ 4</u> แสดงพลังงานลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1, และ 3 เมตร

WIND VELOCITY (m/s)	POWER (WATTS) 100%		POWER 59%	
	Ø = 1m	Ø = 3m	Ø = 1m	Ø = 3m
2	4.016	36.145	2.381	21.434
3	13.554	121.990	8.038	72.340
4	32.129	289.160	19.057	171.472
5	67.752	564.768	37.212	334.907

<u>ตารางที่ 5</u> แสดงผลการคำนวณจากการทดลองเต็มรูปแบบ

WIND VEL. (m/s)	RP.M	U/V	Q (lit/day)	BHP (watt)	CP (59.3%)	CP model Cp prototype	REMARK
2	11	.86	-	-	-		ใช้กับ Pump ขนาด Ø เส้นผ่าศูนย์กลางลูกสูบ 4"/ ช่วงชัก 9 ซม AH = 1 เมตรและประสิทธิภาพของ Pump = 100%
	10	.79	1638.7	18.60x10^{2}	.009	5.67	
3	15	.79	0	-	-		
	14	.73	2295.4	26.00x10^{2}	.004	13.81	
4	23	.90	0	-	-		
	21	.83	3443.0	39.00x10^{2}	-	18.46	
5	25	.79	0	-	-		
	24	.75	3934.1	44.57x10^{2}	.001	15	

ภาคผนวก 5

ตัวอย่างการคำนวนผลจากการทดลอง

ส่วนที่ 1 ต้นแบบ

กังหันลมมีค่า $r = 0.5$ m

$r_D = 0.039$ m

แสดงผลการคำนวนที่ Stagger Angle 45°

Wind velocity $2^{m}/s$

R.P.M = 24.5

$$u/v = \frac{2\pi rN}{V}$$

$$= \frac{2\pi(0.5)24.5}{2 \times 60} = 64$$

จากการทดลองได้ค่า $t_1 = 0.13$ kg

$t_2 = 0.27$ kg

$$\text{Tourqe, T} = (t_2 - .13) \times .039 \times 2.2 \times 3.328$$

$$= .0394.\ \text{lb - ft}$$

$$Hp(wm) = \frac{2\pi nT}{33,000}$$

$$= \frac{2\pi(24.5)(.0394)}{33.000}$$

$$= 1.84 \times 10^{-4}\ Hp.$$

$$= .1371\ \text{watts.}$$

$$Hp(w) = .00502\ AV^3$$

$$= .00502\frac{\pi}{4}(1^2) \times (2 \times 3.6)^3$$

$$= 4.016\ \text{watts}$$

$$Cp = \frac{Hp(wm)}{Hp(w)}$$

$$= \frac{.1371}{2.381} = .057$$

ส่วนที่ 2 แบบเต็มรูปแบบ (Pro totype)

$$r = 1.50$$

แสดงผลการคำนวนที่ Stagger Angle 45°

Wind Velccity 2 $^{m}/s$

$$R.P.M = 10$$

$$U/V = \frac{2\pi rN}{V}$$

$$= \frac{2\pi x1.5x10}{2x60}$$

$$= .7854$$

คิดที่ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ = 100%

ไม่คิดความเสียดทานเนื่องจากก้านสูบ

$$WHP = \frac{QH}{76.22}$$

$$= \frac{1}{76.22} x \frac{1638.7x1}{60x60x24}$$

$$= 2.5x10^{-4} \text{ Hp}$$

$$= 0.186 \text{ watts}$$

$$Cp = \frac{WHP}{Hp(w)}$$

Wind velocity 2m/s Air Stream 7.068 m^{2}

$$Hp(w) = 21.434 \text{ watt}$$

$$Cp = \frac{0.186}{21.434}$$

$$= .009$$

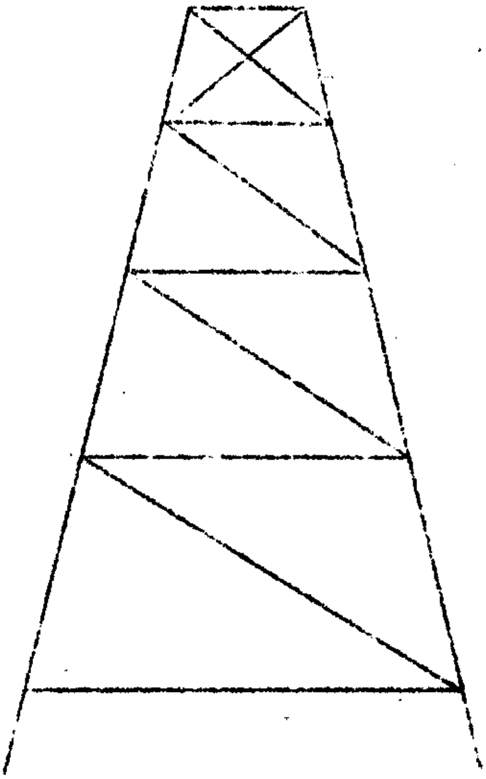
$$\text{Ralio } \frac{\text{Cp model}}{\text{Cp prototype}} = \frac{.051}{.009} = 5.77$$

โครงรองรับกังหันลม (Tower)

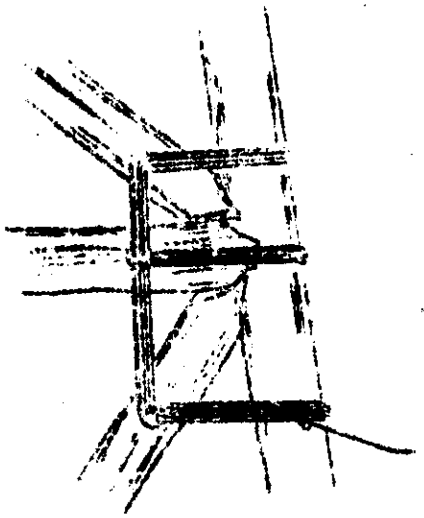
ในการสร้างกังหันลมนั้น สิ่งหนึ่งที่ต้องลงทุนมากก็คือ โครงรองรับกังหันลม ในการวิจัยนี้มุ่งที่จะลดการลงทุนโดยเลือกใช้วัสดุในท้องถิ่นให้มากที่สุด จึงเลือกใช้ไม้ไผ่มาทำเป็นโครงสร้างของที่รองรับมีการก่อสร้างอย่างง่ายๆ เหมาะสำหรับในชนบทอย่างแท้จริง ในการก่อสร้างคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้คือ ความแข็งแรง(Strength) ความทนทาน (Durability) และการประหยัด

การออกแบบโครงรองรับกังหันลม

โครงสร้างจะต้องสามารถรับแรงเนื่องจากน้ำหนักของตัวกังหันลม (ในแนวดิ่ง) และแรงปะทะของลม (ในแนวนอน) ได้อย่างพอเพียง โดยไม่เกิดการเสียรูป(Deformation) ในการออกแบบใช้หลักการของโครงข้อหมุนแบบวิเคราะห์ได้ทางสถิตยศาสตร์(Determinate Truss) สำหรับจากงานวิจัยมีลักษณะดังรูป ก, ข, ...



ก. ลักษณะโครงหอรับ

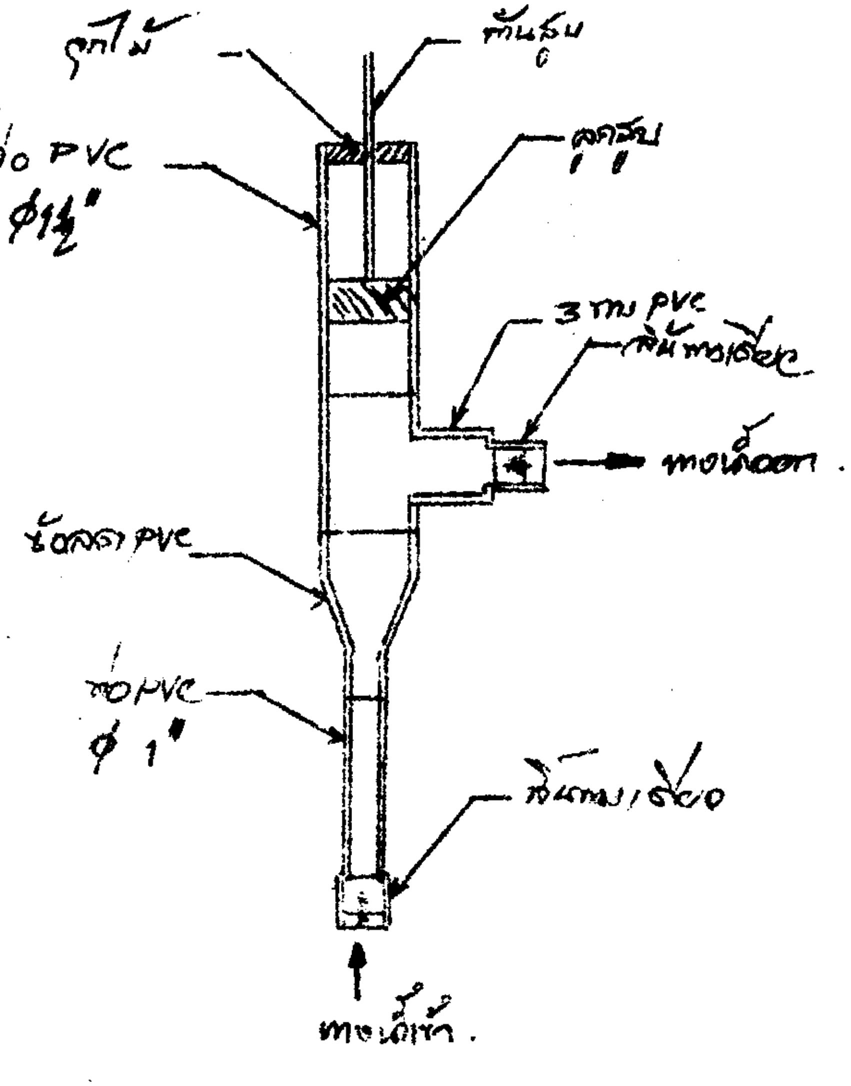


ข. การมัดข้อต่อ

เครื่องสูบน้ำ (Pump)

เนื่องจากเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบที่ขายตามท้องตลาดมีราคาแพง ดังนั้น การสร้างเครื่องสูบน้ำอย่างง่ายและมีประสิทธิภาพดีจึงเหมาะแก่การส่งเสริมการใช้ควบคู่กับกังหันลมการวิจัยนี้สร้างเครื่องสูบน้ำอย่างง่ายขึ้นโดยใช้ท่อ พี.วี.ซี.

ในที่นี้ออกแบบเครื่องสูบน้ำชนิดลูกสูบ (Piston Pump) ซึ่งทำงานโดยระบบสุญญากาศมีลิ้นทางเดียว(Check Valve) เป็นตัวบังคับทิศทางการไหลในการออกแบบเครื่องสูบน้ำที่ใช้กับกังหันลมนี้จะต้องคำนึงถึงแรงฉุดของกังหันลมเป็นสำคัญ การออกแบบเป็นเครื่องสูบน้ำขนาดเล็กทำให้กังหันลมทำงานได้ทุกเวลาแม้ว่าความเร็วลมจะต่ำ



บทผนวกที่ 8

การใช้น้ำ

WATER CONSUMPTION

TABLE 6

	GALLONS PER HEAD PERDAY
Cows in Milk	15
Bullocks and Dry Cows	10
Horses	6-10
Pigs	3
Sheep	1 ½
Goats	1
Poultry	$\frac{1}{20}$ - $\frac{1}{8}$
Domestic:	
a) Unsewered	12-15
b) Sewered	20-30

Ag.Eng. year book