รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ตระการ ก้าวกสิกรรม. คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2537.

ปราโมทย์ เดชะอำไพ. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

มิศรชัย อภิพัฒนะมนตรี. การจำลองแบบหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคารในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

สวัสดิ์ รณรงค์ณุรักษ์. การถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุที่ใช้ในการทำฝ้าเพดาน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี, 2522.

ภาษาอังกฤษ

Alan, J. C. Heat Transfer. 2nd Ed. New York: The Macmillan Company,1960.

Benjamin, G. Heat Transfer. New York: McGraw-Hill Book Company,1961.

Chapra, S. C., and Canale, R. P. Numerical Methods for Engineers. 2nd Ed. Singapore: McGraw-Hill International Editions,1988.

Duffie, J. A., and Beckman, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes. 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons, 1991.

Frank, K., and Mark, S. B. Principles of Heat Transfer. 4th Ed. New York: Harper&Row Publishers, 1986

Icropera, F. P., and De Witt, D. P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 3rd Ed. Singapore: John Wiley & Sons, 1990.

Lindon, C. T. Fundamentals of Heat Transfer. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.,1980.

Ridway Balaka. Application of New Wall, Window and Lighting Technology to a Case Study Building. Master's Thesis, Department of Energy, Asian Institute of Technology, 1993.

Roberto G. Diopenes. Modeling of Building Thermal Response. Master's Thesis, Department of Energy, Asian Institute of Technology,1994.

Sparrow, E. M., and Cess, R. D. Radiation Heat Transfer. California: Brooks/ Cole Publishing Company,1980.

Stoecker, W. F. Design of Thermal Systems. 3rd Ed. Singapore: McGraw-Hill International Editions,1989.

Sukhatme, S. P. Solar Energy. 2nd Ed. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited,1996.

Supaluk Pukdee. a Method for Estimating the Heat Transfer into an Air-Conditioned Space, Master's Thesis, Department of Energy, Asian Institute of Technology, 1990.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

โปรแกรม PRO1T

รายละเอียดของโปรแกรม PRO1T

```
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | PROGRAM-1T (HEAT TRANSFER THROUGH TRIANGLE ROOF SYSTEM      |
C     |             ON TRANSIENT CONDITION)                         |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     |  NL : NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF                      |
C     |   L : THICKNESS OF ROOF                                     |
C     |   K : THERMAL CONDUCTIVITY                                  |
C     | DEN : DENSITY OF MATERIAL                                   |
C     |   C : SPECIFIC HEAT                                         |
C     |  RE : REFLECTIVITY                                          |
C     |   H : CONVECTION HEAT TRANSFER COEFFICIENT                  |
C     |   E : EMISSIVITY                                            |
C     |   A : AREA                                                  |
C     |   F : VIEW FACTOR                                           |
C     |  GS : SOLAR RADIATION INTENSITY                             |
C     |   T : TEMPERATURE OF ROOF                                   |
C     |  TA : AMBIENT TEMPERATURE                                   |
C     |  TR : ROOM TEMPERATURE                                      |
C     | TVO : TEMPERATURE OF VENTILATION AIR AT OUTLET              |
C     |-------------------------------------------------------------|
      DIMENSION NL(5),L(5,10),K(5,10),DEN(5,10),C(5,10),RE(5),H(5,2),
     *          E(5,2),A(5),F(5,5),GS(4),MT(5),T(5,100),TP(5,100),
     *          IGT(365,24),IDT(365,24),TAT(365,24),TAK(365,24),
     *          TT(365,24,5,2),TVOT(365,24),QHT(365,24),QDT(365)
      REAL LA,LL,LS,IG,ID,L,K,IGT,IDT
      INTEGER DD,SDD,SMM,FDD,FMM
      COMMON Z/LC1/W1,W2,W3,W4/LC2/LA,LL,LS,AX
     *       /LC3/NL,L,K,DEN,C,RE,H,E,DL,DTI/LC4/A,F/LC5/ST,ND,IG,ID
     *       /LC6/GS/LC7/MT,NVA/LC8/TA,TR,VM,RM,VMDUM,RMDUM
     *       /LC9/T,TP,TVO,TVOP
      OPEN(7,FILE='IN1T.DAT')
      OPEN(8,FILE='OUT1T.DAT')
      CALL COMMEND()
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) W1,W2,W3,W4
      IF((W2.LE.0.).OR.(W3.LE.0.).OR.(W4.LE.0.).OR.(W2+W3.LE.W1)) THEN
      WRITE(*,*) 'DIMENSION OF ROOF ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) LA,LL,LS
      IF((ABS(LA).GT.90.).OR.(ABS(LL).GT.180.)
     *  .OR.(ABS(LS).GT.180.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF LA,LL,LS ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) AX
      IF(ABS(AX).GT.90.) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF AX IS INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(1)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(1,I),I=1,NL(1))
      READ(7,*) (K(1,I),I=1,NL(1))
      READ(7,*) (DEN(1,I),I=1,NL(1))
      READ(7,*) (C(1,I),I=1,NL(1))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(2)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(2,I),I=1,NL(2))
      READ(7,*) (K(2,I),I=1,NL(2))
      READ(7,*) (DEN(2,I),I=1,NL(2))
      READ(7,*) (C(2,I),I=1,NL(2))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(3)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(3,I),I=1,NL(3))
      READ(7,*) (K(3,I),I=1,NL(3))
```

```
      READ(7,*) (DEN(3,I),I=1,NL(3))
      READ(7,*) (C(3,I),I=1,NL(3))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(4)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(4,I),I=1,NL(4))
      READ(7,*) (K(4,I),I=1,NL(4))
      READ(7,*) (DEN(4,I),I=1,NL(4))
      READ(7,*) (C(4,I),I=1,NL(4))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(5)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(5,I),I=1,NL(5))
      READ(7,*) (K(5,I),I=1,NL(5))
      READ(7,*) (DEN(5,I),I=1,NL(5))
      READ(7,*) (C(5,I),I=1,NL(5))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (RE(I),I=1,5)
      DO 2 I=1,5
      IF((RE(I).LE.0.).OR.(RE(I).GE.1.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF RE ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
    2 CONTINUE
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (H(I,1),I=1,5)
      READ(7,*) (H(I,2),I=1,5)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (E(I,1),I=1,5)
      READ(7,*) (E(I,2),I=1,5)
      DO 3 I=1,5
      IF((E(I,1).LE.0.).OR.(E(I,1).GE.1.)
     *  .OR.(E(I,2).LE.0.).OR.(E(I,2).GE.1.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF E ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
    3 CONTINUE
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) DL
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) DTI
      IF((DTI.LE.0.).OR.(DTI.GE.3600.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF DTI IS INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) TRT
      CALL COMMEND()
      READ 7,*) VMT
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) SDD,SMM
      READ(7,*) FDD,FMM
      IF((SMM.EQ.FMM).AND.(SDD.GT.FDD)).OR.(SMM.GT.FMM)) THEN
      WRITE(*,5)
    5 FORMAT(1X,'SHOULD CHANGE NEW STARTING AND FINISHING DAY'/,
     *       1X,'STARTING DAY SHALL BE BEFORE FINISHING DAY')
      GO TO 25
      END IF
      DO 90 I=1,2
      IF(I.EQ.1) THEN
      DD=SDD
      MM=SMM
      ELSE
      DD=FDD
      MM=FMM
      END IF
      IF(MM.EQ.1) ND=DD
      IF(MM.EQ.2) ND=31+DD
      IF(MM.EQ.3) ND=59+DD
      IF(MM.EQ.4) ND=90+DD
      IF(MM.EQ.5) ND=120+DD
      IF(MM.EQ.6) ND=151+DD
      IF(MM.EQ.7) ND=181+DD
      IF(MM.EQ.8) ND=212+DD
      IF(MM.EQ.9) ND=243+DD
      IF(MM.EQ.10) ND=273+DD
      IF(MM.EQ.11) ND=304+DD
      IF(MM.EQ.12) ND=334+DD
      IF(I.EQ.1) THEN
      NSD=ND
      ELSE
```

```
      NFD=ND
      END IF
90    CONTINUE
      NDT=NFD-NSD+1
      CALL COMMEND()
      DO 10 I=1,NDT
      READ(7,*) (IGT(I,J),J=1,24)
10    CONTINUE
      CALL COMMEND()
      DO 20 I=1,NDT
      READ(7,*) (IDT(I,J),J=1,24)
20    CONTINUE
      CALL COMMEND()
      DO 30 I=1,NDT
      READ(7,*) (TAT(I,J),J=1,24)
30    CONTINUE
      DO 11 I=1,5
      IF(NL(I).LT.3) THEN
      DLUP=L(I,1)
      ELSE
      DLUP=L(I,2)
      END IF
      IF(NL(I).LT.3) THEN
      DO 12 J=1,NL(I)
      IF(L(I,J).GT.DLUP) DLUP=L(I,J)
12    CONTINUE
      ELSE
      DO 13 J=2,NL(I)-1
      IF(L(I,J).LT.DLUP) DLUP=L(I,J)
13    CONTINUE
      END IF
      SUML=0.
      DO 14 J=1,NL(I)
      SUML=SUML+L(I,J)
14    CONTINUE
      DLLOW=SUML/100.
      IF(I.EQ.1) THEN
      DLMIN=DLLOW
      DLMAX=DLUP
      ELSE
      IF(DLUP.LT.DLMAX) DLMAX=DLUP
      IF(DLLOW.GT.DLMIN) DLMIN=DLLOW
      END IF
11    CONTINUE
      IF((DL.LE.DLMIN).OR.(DL.GE.DLMAX)) THEN
      WRITE(*,15) DLMIN,DLMAX
15    FORMAT(1X,'SHOULD CHANGE NEW DL VALUE'/,
     *       1X,'IT SHALL BE',F10.6,'< DL <',F10.6)
      GO TO 25
      END IF
      WRITE(*,*) 'READ O.K.'
      CALL VIEW
      RMDUM=A(1)*W4
      NVA=0
      DO 100 I=1,5
      SUML=0.
      DO 200 J=1,NL(I)
      SUML=SUML+L(I,J)
200   CONTINUE
      PR=SUML/DL
      NPR=PR
      IF(PR.GT.NPR) THEN
      MT(I)=NPR+2
      ELSE
      MT(I)=NPR+1
      END IF
      NVA=NVA+MT(I)
100   CONTINUE
      NVA=NVA+1
      DO 120 I=1,NDT
      DO 130 J=1,24
      TAK(I,J)=TAT(I,J)+273.15
      TRK=TRT+273.15
130   CONTINUE
120   CONTINUE
      DO 300 I=1,5
      DO 400 J=1,MT(I)
      IF(I.EQ.5) THEN
      TP(I,J)=TRK
      ELSE
      TP(I,J)=TAK(1,1)
```

```
      END IF
400   CONTINUE
300   CONTINUE
      TVOP=TAK(1,1)
      ND=NSD-1
      LO=3600./DTI
      NLO=LO
      IF(LO.GT.NLO) NLO=NLO+1
      QT=0.
      DO 500 I=1,NDT
      ND=ND+1
      QD=0.
      DO 600 J=1,24
      SUMDTI=0.
      QH=0.
      DO 700 IK=1,NLO
      IF(IK.EQ.NLO) THEN
      DTIDUM=DTI
      DTI=3600.-SUMDTI
      END IF
      SUMDTI=SUMDTI+DTI
      IF((I.EQ.1).AND.(J.EQ.1)) THEN
      IG=IGT(1,1)
      ID=IDT(1,1)
      TA=TAK(1,1)
      ELSE
      IF(J.EQ.1) THEN
      IG=(IGT(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+IGT(I,1)*SUMDTI)/3600.
      ID=(IDT(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+IDT(I,1)*SUMDTI)/3600.
      TA=(TAK(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+TAK(I,1)*SUMDTI)/3600.
      ELSE
      IG=(IGT(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+IGT(I,J)*SUMDTI)/3600.
      ID=(IDT(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+IDT(I,J)*SUMDTI)/3600.
      TA=(TAK(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+TAK(I,J)*SUMDTI)/3600.
      END IF
      END IF
      TR=TRK
      VMDUM=VMT
      ST=J-1.+SUMDTI/3600.
      CALL SOLAR
      CALL NEWRAP
      IF(Z.EQ.0.) GO TO 800
      QDTI=H(5,1)*A(5)*(T(5,1)-TR)*DTI
      DO 900 IL=1,5
      DO 1000 IM=1,MT(IL)
      TP(IL,IM)=T(IL,IM)
1000  CONTINUE
900   CONTINUE
      TVOP=TVO
      QH=QH+QDTI
      IF(IK.EQ.NLO) DTI=DTIDUM
700   CONTINUE
      DO 1100 IN=1,5
      TT(I,J,IN,1)=T(IN,1)-273.15
      TT(I,J,IN,2)=T(IN,MT(IN))-273.15
1100  CONTINUE
      TVOT(I,J)=TVO-273.15
      QHT(I,J)=QH
      QD=QD+QH
600   CONTINUE
      QDT(I)=QD
      QT=QT+QD
500   CONTINUE
      WRITE(8,1200)
1200  FORMAT(1X,'OUTPUT DATA OF PROGRAM CALCULATE HEAT TRANSFER' /,
     *     1X,'THROUGH TRIANGLE ROOF SYSTEM ')
      ND=NSD-1
      DO 1300 I=1,NDT
      ND=ND+1
      WRITE(8,2000)
2000  FORMAT(1X,'-RATE OF HEAT TRANSFER PER HOUR')
      DO 1400 J=1,24
      WRITE(8,2100) ND,J,QHT(I,J)
2100  FORMAT(1X,'QHT(',I3,',',I2,')=',E12.4,1X,'J/HR.')
1400  CONTINUE
      WRITE(8,2200)
2200  FORMAT(1X,'-RATE OF HEAT TRANSFER PER DAY')
      WRITE(8,2300) ND,QDT(I)
2300  FORMAT(1X,'QDT(',I3,')=',E12.4,1X,'J/DAY')
1300  CONTINUE
      WRITE(8,1850) QT
```

```
1850  FORMAT(1X,'-TOTAL HEAT TRANSFER THROUGH ROOF SYSTEM'/,
     *       1X,'=',E12.4,1X,'J')
25    STOP
800   WRITE(8,1900)
1900  FORMAT(1X,'TEMPERATURES ARE DIVERGE')
      STOP
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (ELIMINATE THE COMMENT ON THE INPUT FILE.        |
C     |             "<" AS A BEGINING SIGN OF COMMENT AND ">"       |
C     |             AS THE END.)                                    |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE COMMEND ()
      CHARACTER FIRST
100   READ(7,'(A)') FIRST
      IF(FIRST.EQ.' ') GO TO 100
      IF(FIRST.NE.'<') WRITE(*,*) 'INPUT ERROR'
200   READ(7,'(A)') FIRST
      IF(FIRST.NE.'>') GO TO 200
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND ROOF AREA AND VIEW FACTOR)                 |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | W1,W2,W3,W4 : DIMENSION OF ROOF                             |
C     |           A : AREA                                          |
C     |           F : VIEW FACTOR                                   |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE VIEW
      DIMENSION A(5),F(5,5)
      COMMON /LC1/W1,W2,W3,W4/LC4/A,F
C     -------------------------------------------
      A(1)=(1./2.)*W1*
     *     SQRT(W2*W2-((W1*W1+W2*W2-W3*W3)/(2.*W1))**2.)
      A(2)=W2*W4
      A(3)=A(1)
      A(4)=W3*W4
      A(5)=W1*W4
C     -------------------------------------------
      ANG=ACOS((W2*W2+W3*W3-W1*W1)/(2.*W2*W3))
      CALL VIEWFA(W2,W3,W4,ANG,F(2,4))
      ANG=ACOS((W1*W1+W2*W2-W3*W3)/(2.*W1*W2))
      CALL VIEWFA(W2,W1,W4,ANG,F(2,5))
      F(2,1)=(1.-F(2,4)-F(2,5))/2.
      F(2,2)=0.
      F(2,3)=F(2,1)
C     -------------------------------------------
      ANG=ACOS((W1*W1+W3*W3-W2*W2)/(2.*W1*W3))
      CALL VIEWFA(W3,W1,W4,ANG,F(4,5))
      F(4,2)=A(2)*F(2,4)/A(4)
      F(4,1)=(1.-F(4,2)-F(4,5))/2.
      F(4,3)=F(4,1)
      F(4,4)=0.
C     -------------------------------------------
      F(5,2)=A(2)*F(2,5)/A(5)
      F(5,4)=A(4)*F(4,5)/A(5)
      F(5,1)=(1.-F(5,2)-F(5,4))/2.
      F(5,3)=F(5,1)
      F(5,5)=0.
C     -------------------------------------------
      F(1,1)=0.
      F(1,2)=A(2)*F(2,1)/A(1)
      F(1,4)=A(4)*F(4,1)/A(1)
      F(1,5)=A(5)*F(5,1)/A(1)
      F(1,3)=1.-F(1,2)-F(1,4)-F(1,5)
C     -------------------------------------------
      F(3,1)=F(1,3)
      F(3,2)=F(1,2)
      F(3,3)=0.
      F(3,4)=F(1,4)
      F(3,5)=F(1,5)
C     -------------------------------------------
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND VIEW FACTOR OF TWO REGTANGLES              |
C     |             WITH ONE COMMON EDGE AT GENERAL ANGLE           |
C     |             BY GOVERNING EQUATION AND                       |
C     |             GAUSS INTEGRATION FORMULA)                      |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE VIEWFA(A,B,C,ANG,FIJ)
```

```
      DIMENSION W(6),XR(6)
      FY(X,E,ANG)=SQRT(1.+E*E*SIN(ANG)*SIN(ANG))
     *            *(ATAN((X-E*COS(ANG))/SQRT(1.+E*E*SIN(ANG)*SIN(ANG)))
     *            +ATAN(E*COS(ANG)/SQRT(1.+E*E*SIN(ANG)*SIN(ANG))))
      PI=2.*ASIN(1.)
C     WEIGHTING FACTORS AND FUNCTION ARGUMENTS
      DATA W(1),W(2),W(3),W(4),W(5),W(6)/0.171324492,0.360761573,
     *     0.467913935,0.467913935,0.360761573,0.171324492/
      DATA XR(1),XR(2),XR(3),XR(4),XR(5),XR(6)/-0.932469514,
     *     -0.661209386,-0.238619186,0.238619186,0.661209386,
     *     0.932469514/
      X=B/C
      Y=A/C
      Z=X*X+Y*Y-2.*X*Y*COS(ANG)
      YY=Y/2.
      FI=0.
      DO 100 I=1,6
      E=YY+YY*XR(I)
      FE=FY(X,E,ANG)
      FI=FI+W(I)*FE
100   CONTINUE
      FI=FI*YY
      FIJ=((-SIN(2.*ANG)/4.)*(X*Y*SIN(ANG)+(PI/2.-ANG)*(X*X+Y*Y)
     *     +Y*Y*ATAN((X-Y*COS(ANG))/(Y*SIN(ANG)))
     *     +X*X*ATAN((Y-X*COS(ANG))/(X*SIN(ANG))))
     *     +(SIN(ANG)*SIN(ANG)/4.)*((2./(SIN(ANG)*SIN(ANG))-1.)
     *     *ALOG((1.+X*X)*(1.+Y*Y)/(1.+Z))
     *     +Y*Y*ALOG(Y*Y*(1.+Z)/((1.+Y*Y)*Z))
     *     +X*X*ALOG(X*X*(1.+X*X)**COS(2.*ANG)/(Z*(1.+Z)**COS(2.*ANG))))
     *     +Y*ATAN(1./Y)+X*ATAN(1./X)-SQRT(Z)*ATAN(1./SQRT(Z))
     *     +(SIN(ANG)*SIN(2.*ANG)/2.)*X*SQRT(1.+X*X*SIN(ANG)*SIN(ANG))
     *     *(ATAN(X*COS(ANG)/SQRT(1.+X*X*SIN(ANG)*SIN(ANG)))
     *     +ATAN((Y-X*COS(ANG))/SQRT(1.+X*X*SIN(ANG)*SIN(ANG))))
     *     +COS(ANG)*FI)/(PI*Y)
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (SOLAR INTENSITY)                                |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     |  AA : SURFACE AZIMUTH ANGLE                                 |
C     |  AX : AXIS ANGLE                                            |
C     |  CO : VALUE OF COSINE OF INCIDENCE ANGLE                    |
C     | COZ : VALUE OF COSINE OF ZENITH ANGLE                       |
C     |  DE : DECLINATION                                           |
C     |   E : EQUATON OF TIME CORRECTION                            |
C     |  GS : SOLAR RADIATION INTENSITY                             |
C     |  HA : HOUR ANGLE                                            |
C     |  IB : BEAM RADIATION INTENSITY                              |
C     |  ID : DIFFUSE RADIATION INTENSITY                           |
C     |  IG : GOBAL RADIATION INTENSITY                             |
C     |  LA : LATITUDE                                              |
C     |  LL : LONGITUDE OF LOCAL                                    |
C     |  LS : LONGITUDE OF STANDARD TIME                            |
C     |  ND : NUMBER OF DAY IN THE YEAR                             |
C     |  RB : BEAM RADIATION FACTOR                                 |
C     |  RD : DIFFUSE RADIATION FACTOR                              |
C     |  RR : REFLECTED RADIATION FACTOR                            |
C     |  SL : SLOPE                                                 |
C     |  ST : STANDARD TIME                                         |
C     |  SOT: SOLAR TIME                                            |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SOLAR
      DIMENSION GS(4),AA(4),SL(4)
      REAL LA,LL,LS,IG,ID
      COMMON /LC1/W1,W2,W3,W4/LC2/LA,LL,LS,AX,/LC5/ST,ND,IG,ID,/LC6/GS
      PI=2.*ASIN(1.)
      RA=PI/180.
      DG=180./PI
      ILA=LA
      DEC=LA-ILA
      LA=ILA+DEC/0.60
      LA=LA*RA
      DE=23.45*SIN(360.*(284.+ND)*RA/365.)*RA
      IAX=AX
      DEC=AX-IAX
      AX=IAX+DEC/0.60
      AA(1)=AX-90.
      AA(2)=AA(1)+90.
      AA(3)=AA(1)+180.
      AA(4)=AA(1)+270.
      AA(1)=AA(1)*RA
```

```
      AA(2)=AA(2)*RA
      AA(3)=AA(3)*RA
      AA(4)=AA(4)*RA
      B=360.*(ND-1.)*RA/365.
      E=229.2*(0.000075+0.001868*COS(B)-0.032077*SIN(B)
     *  -0.014615*COS(2.*B)-0.04089*SIN(2.*B))
      ILL=LL
      DEC=LL-ILL
      LL=ILL+DEC/0.60
      ILS=LS
      DEC=LS-ILS
      LS=ILS+DEC/0.60
      SOT=ST+(4.*(LL-LS)+E)/60.
      HA=(SOT-12.)*15.*RA
      SL(1)=ASIN(1.)
      SL(2)=ACOS((W1*W1+W2*W2-W3*W3)/(2.*W1*W2))
      SL(3)=ASIN(1.)
      SL(4)=ACOS((W1*W1+W3*W3-W2*W2)/(2.*W1*W3))
      DO 100 I=1,4
      AAI=AA(I)
      CO=SIN(DE)*SIN(LA)*COS(SL(I))
     *   -SIN(DE)*COS(LA)*SIN(SL(I))*COS(AAI)
     *   +COS(DE)*COS(LA)*COS(SL(I))*COS(HA)
     *   +COS(DE)*SIN(LA)*SIN(SL(I))*COS(AAI)*COS(HA)
     *   +COS(DE)*SIN(SL(I))*SIN(AAI)*SIN(HA)
      IF(CO.LT.0.) CO=0.
      COZ=SIN(DE)*SIN(LA)+COS(DE)*COS(LA)*COS(HA)
      IB=IG-ID
      RB=CO/COZ
      IF(RB.LT.0.) RB=RB*(-1.)
      RD=(1.+COS(SL(I)))/2.
      RR=0.2*(1.-COS(SL(I)))/2.
      GS(I)=IB*RB+ID*RD+(IB+ID)*RR
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-----------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (NEWTON-RAPHSON METHOD)                        |
C     |-----------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE NEWRAP
      DIMENSION NL(5),L(5,10),K(5,10),DEN(5,10),C(5,10),RE(5),H(5,2),
     *          E(5,2),A(5),F(5,5),GS(4),MT(5),T(5,100),TP(5,100),
     *          FT(500),DT(500)
      REAL L,K
      COMMON Z/LC3/NL,L,K,DEN,C,RE,H,E,DL,DTI/LC4/A,F/LC6/GS
     *       /LC7/MT,NVA/LC8/TA,TR,VM,RM,VMDUM,RMDUM/LC9/T,TP,TVO,TVOP
     *       /LC10/FT/LC11/DT
      DO 100 I=1,5
      DO 200 J=1,MT(I)
      T(I,J)=TP(I,J)
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      TVO=TVOP
      Z=0.
      ZZ=0.
      DO 300 I=1,100
      CALL FTATDT
      DO 600 IK=1,NVA
      IF(ABS(DT(IK)).GT.0.001) GO TO 700
600   CONTINUE
      ZZ=ZZ+1.
      IF(ZZ.LT.2.) GO TO 700
      RETURN
700   ISUM=0
      DO 800 IL=1,5
      DO 900 IM=1,MT(IL)
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'T(',IL,',',IM,')=',T(IL,IM),'K'
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'DT=',DT(ISUM+IM)
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'FT=',FT(ISUM+IM)
      T(IL,IM)=T(IL,IM)-DT(ISUM+IM)
900   CONTINUE
      ISUM=ISUM+MT(IL)
800   CONTINUE
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'TVO=',TVO,'K'
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'DT=',DT(NVA)
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'FT=',FT(NVA)
      TVO=TVO-DT(NVA)
      IF(I.EQ.100) THEN
      Z=0.
      ELSE
      Z=I
```

```
      END IF
300   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND FT,AT AND DT VALUE)                        |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE FTATDT
      DIMENSION NL(5),L(5,10),K(5,10),DEN(5,10),C(5,10),RE(5),H(5,2),
     *          E(5,2),A(5),F(5,5),GS(4),MT(5),T(5,100),TP(5,100),
     *          FT(500),DT(500),VJ(5),AT(500,500),BT(500)
      REAL L,K
      COMMON /LC3/NL,L,K,DEN,C,RE,H,E,DL,DTI/LC4/A,F/LC6/GS
     *       /LC7/MT,NVA/LC8/TA,TR,VM,RM,VMDUM,RMDUM/LC9/T,TP,TVO,TVOP
     *       /LC10/FT/LC11/DT/LC12/CAV,CAR/LC13/VJ/LC14/AT,BT
      TS=TA-6.
      SB=5.67/10.**8.
      CALL AIRMAS
      CALL JVALUE
      DO 10 I=1,NVA
      DO 20 J=1,NVA
      AT(I,J)=0.
20    CONTINUE
10    CONTINUE
      MSUM=0
      DO 100 I=1,5
      IF(I.NE.5) THEN
      IF(L(I,1).GE.DL) THEN
      FT(MSUM+1)=(1.-RE(I))*A(I)*GS(I)
     *           +K(I,1)*A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/DL
     *           +H(I,1)*A(I)*(TA-T(I,1))
     *           +E(I,1)*A(I)*SB*(TS**4.-T(I,1)**4.)
     *           -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-K(I,1)*A(I)/DL-H(I,1)*A(I)
     *                  -4.*E(I,1)*A(I)*SB*T(I,1)**3.
     *                  -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=K(I,1)*A(I)/DL
      ELSE
      DL2=DL-L(I,1)
      IF(L(I,1).GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+1)=(1.-RE(I))*A(I)*GS(I)
     *           +A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
     *           +H(I,1)*A(I)*(TA-T(I,1))
     *           +E(I,1)*A(I)*SB*(TS**4.-T(I,1)**4.)
     *           -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))-H(I,1)*A(I)
     *                  -4.*E(I,1)*A(I)*SB*T(I,1)**3.
     *                  -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
      ELSE
      FT(MSUM+1)=(1.-RE(I))*A(I)*GS(I)
     *           +A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
     *           +H(I,1)*A(I)*(TA-T(I,1))
     *           +E(I,1)*A(I)*SB*(TS**4.-T(I,1)**4.)
     *           -(DEN(I,1)*C(I,1)*L(I,1)
     *           +DEN(I,2)*C(I,2)*(DL/2.-L(I,1)))
     *           *A(I)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))-H(I,1)*A(I)
     *                  -4.*E(I,1)*A(I)*SB*T(I,1)**3.
     *                  -(DEN(I,1)*C(I,1)*L(I,1)
     *                  +DEN(I,2)*C(I,2)*(DL/2.-L(I,1)))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
      END IF
      END IF
      ELSE
      IF(L(I,1).GE.DL) THEN
      FT(MSUM+1)=K(I,1)*A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/DL
     *           +H(I,1)*A(I)*(TR-T(I,1))
     *           -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-K(I,1)*A(I)/DL-H(I,1)*A(I)
     *                  -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=K(I,1)*A(I)/DL
      ELSE
      DL2=DL-L(I,1)
      IF(L(I,1).GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+1)=A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
     *           +H(I,1)*A(I)*(TR-T(I,1))
     *           -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))-H(I,1)*A(I)
     *                  -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
```

```
      ELSE
      FT(MSUM+1)=A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
     *           +H(I,1)*A(I)*(TR-T(I,1))
     *           -(DEN(I,1)*C(I,1)*L(I,1)
     *           +DEN(I,2)*C(I,2)*(DL/2.-L(I,1)))
     *           *A(I)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))-H(I,1)*A(I)
     *                  -(DEN(I,1)*C(I,1)*L(I,1)
     *                  +DEN(I,2)*C(I,2)*(DL/2.-L(I,1)))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
      END IF
      END IF
      END IF
C     ------------------------------------------------------------------
      IF(MT(I).GT.3) THEN
      DO 200 M=2,MT(I)-2
      SUML=0.
      DO 300 IM=1,NL(I)
      SUML=SUML+L(I,IM)
      IF(SUML.GE.DL*(M-1)) THEN
      J=IM
      DL2=DL*(M-1)-(SUML-L(I,IM))
      DL3=SUML-DL*(M-1)
      GO TO 310
      END IF
300   CONTINUE
310   IF(DL2.GE.DL) THEN
      IF(DL3.GE.DL) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)+T(I,M-1)-2.*T(I,M))/DL
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-2.*K(I,J)*A(I)/DL
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL
      ELSE
      DL4=DL-DL3
      IF(DL3.GE.DL4) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL-A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      ELSE
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *           +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*(DL/2.-DL3))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL-A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *                  +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*(DL/2.-DL3))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      END IF
      END IF
      ELSE
      DL1=DL-DL2
      IF(DL1.GE.DL2) THEN
      IF(DL3.GE.DL) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL
     *           -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *           +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL2))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-K(I,J)*A(I)/DL
     *                  -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *                  +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL2))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL
      ELSE
      DL4=DL-DL3
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *           +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL2))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
```

```
*                    -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
*                    +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL2))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      END IF
      ELSE
      IF(DL3.GE.DL) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*             +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL
*             -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-K(I,J)*A(I)/DL
*                    -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL
      ELSE
      DL4=DL-DL3
      IF(DL3.GE.DL4) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*             +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*             -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*                    -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*                    -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      ELSE
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*             +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*             -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
*             +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*(DL/2.-DL3))
*             *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*                    -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*                    -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
*                    +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*(DL/2.-DL3))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      END IF
      END IF
      END IF
      END IF
200   CONTINUE
      END IF
C     ---------------------------------------------------------------------
      SUML=0.
      ZZ=0.
      DO 320 IL=1,NL(I)
      SUML=SUML+L(I,IL)
      IF((SUML.GE.DL*(MT(I)-2)).AND.(ZZ.EQ.0.)) THEN
      J=IL
      ZZ=ZZ+1.
      END IF
320   CONTINUE
      DLDUM=SUML-DL*(MT(I)-2)
      DL3=DLDUM
      M=MT(I)-1
      IF(L(I,NL(I)).GE.(DL+DL3)) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
*             +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL3
*             -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3)/2.)
*             *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)*(1/DL+1/DL3)
*                    -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3)/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL3
      ELSE
      IF(L(I,NL(I)).GE.DL3) THEN
      DL2=L(I,NL(I))-DL3
      DL1=DL-DL2
      IF(DL1.GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*             +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL3
*             -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
*             +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL2+DL3/2.))
*             *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-K(I,J)*A(I)/DL3
*                    -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
*                    +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL2+DL3/2.))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL3
      ELSE
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
```

```
*            +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL3
*            -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3)/2.)
*            *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
 AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-K(I,J)*A(I)/DL3
*                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3)/2.)/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL3
 END IF
 ELSE
 DL3=DL3-L(I,NL(I))
 DL4=L(I,NL(I))
 IF(DL3.GE.DL4) THEN
 IF(L(I,NL(I)-1).GE.(DL+DL3)) THEN
 FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
*            +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*            -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3+DL4)/2.)
*            *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
 AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL-A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3+DL4)/2.)/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
 ELSE
 DL1=(DL+DL3)-L(I,NL(I)-1)
 DL2=DL-DL1
 IF(DL1.GE.DL2) THEN
 FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*            +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*            -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
*            +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL2+(DL3+DL4)/2.))
*            *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
 AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*                  -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
*                  +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL2+(DL3+DL4)/2.))*A(I)/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
 ELSE
 FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*            +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*            -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3+DL4)/2.)
*            *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
 AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3+DL4)/2.)/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
 END IF
 END IF
 ELSE
 IF(L(I,NL(I)-1).GE.(DL+DL3)) THEN
 FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
*            +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*            -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
*            +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*((DL4-DL3)/2.))
*            *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
 AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL-A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*                  -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
*                  +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*((DL4-DL3)/2.))*A(I)/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
 ELSE
 DL1=(DL+DL3)-L(I,NL(I)-1)
 DL2=DL-DL1
 FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*            +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*            -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
*            +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*((DL4-DL3)/2.))
*            *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
 AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
*                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
*                  -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
*                  +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*((DL4-DL3)/2.))*A(I)/DTI
 AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
 END IF
 END IF
 END IF
 END IF
C-----------------------------------------------------------------------
 J=NL(I)
 M=MT(I)
```

```
      DL2=DLDUM
      IF(L(I,NL(I)).GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL2
     *           +H(I,2)*A(I)*(TVO-T(I,M))
     *           +E(I,2)*A(I)*(VJ(I)-SB*T(I,M)**4.)/(1.-E(I,2))
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*(DL2/2.)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL2
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL2-H(I,2)*A(I)
     *                  -4.*E(I,2)*A(I)*SB*T(I,M)**3./(1.-E(I,2))
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*(DL2/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,NVA)=H(I,2)*A(I)
      ELSE
      DL1=DL2-L(I,NL(I))
      DL2=L(I,NL(I))
      IF(DL1.GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +H(I,2)*A(I)*(TVO-T(I,M))
     *           +E(I,2)*A(I)*(VJ(I)-SB*T(I,M)**4.)/(1.-E(I,2))
     *           -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*((DL1-DL2)/2.)
     *           +DEN(I,J)*C(I,J)*DL2)*A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-H(I,2)*A(I)
     *                  -4.*E(I,2)*A(I)*SB*T(I,M)**3./(1.-E(I,2))
     *                  -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*((DL1-DL2)/2.)
     *                  +DEN(I,J)*C(I,J)*DL2)*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,NVA)=H(I,2)*A(I)
      ELSE
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +H(I,2)*A(I)*(TVO-T(I,M))
     *           +E(I,2)*A(I)*(VJ(I)-SB*T(I,M)**4.)/(1.-E(I,2))
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL1+DL2)/2.)
     *           *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-H(I,2)*A(I)
     *                  -4.*E(I,2)*A(I)*SB*T(I,M)**3./(1.-E(I,2))
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL1+DL2)/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,NVA)=H(I,2)*A(I)
      END IF
      END IF
      MSUM=MSUM+M
100   CONTINUE
C     ------------------------------------------------------------------
      SUMVEN=0.
      DO 400 I=1,5
      SUMVEN=SUMVEN+H(I,2)*A(I)*(T(I,MT(I))-TVO)
400   CONTINUE
      MSUM=MSUM+1
      FT(MSUM)=SUMVEN+VM*CAV*(TA-TVO)-RM*CAR*(TVO-TVOP)/DTI
      ISUM=0
      SUMAT=0.
      DO 500 I=1,5
      ISUM=ISUM+MT(I)
      AT(MSUM,ISUM)=H(I,2)*A(I)
      SUMAT=SUMAT-H(I,2)*A(I)
500   CONTINUE
      AT(MSUM,MSUM)=SUMAT-VM*CAV-RM*CAR/DTI
      IF(MSUM.NE.NVA) WRITE(8,*) 'MSUM NOT EQUAL NVA,MSUM=',MSUM
      DO 600 I=1,NVA
      BT(I)=FT(I)
600   CONTINUE
      CALL GAUSS1(NVA)
      RETURN
      END
C     |------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND VM AND RM VALUE)                          |
C     |------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE AIRMAS
      DIMENSION T(5,100),TP(5,100)
      COMMON /LC8/TA,TR,VM,RM,VMDUM,RMDUM
     *       /LC9/T,TP,TVO,TVOP/LC12/CAV,CAR
      DO 100 I=1,2
      IF(I.EQ.1) THEN
      TEMP=TA
      ELSE
      TEMP=TVO
      END IF
      IF(TEMP.GT.350.) THEN
      DENAIR=0.9950-0.1239*(TEMP-350.)/50.
      CAIR=1009.+5.*(TEMP-350.)/50.
      ELSE
      IF(TEMP.GT.300.) THEN
```

```
      DENAIR=1.1614-0.1664*(TEMP-300.)/50.
      CAIR=1007.+2.*(TEMP-300.)/50.
      ELSE
      IF(TEMP.GT.250.) THEN
      DENAIR=1.3947-0.2333*(TEMP-250.)/50.
      CAIR=1006.+1.*(TEMP-250.)/50.
      ELSE
      DENAIR=1.7458-0.3511*(TEMP-200.)/50.
      CAIR=1007.-1.*(TEMP-200.)/50.
      END IF
      END IF
      END IF
      IF(I.EQ.1) THEN
      DENV=DENAIR
      CAV=CAIR
      ELSE
      DENR=DENAIR
      CAR=CAIR
      END IF
100   CONTINUE
      VM=DENV*VMDUM
      RM=DENR*RMDUM
      CAV=(CAV+CAR)/2.
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND VJ VALUE)                                  |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | VJ: RADIOSITY                                               |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE JVALUE
      DIMENSION NL(5),L(5,10),K(5,10),DEN(5,10),C(5,10),RE(5),H(5,2),
     *          E(5,2),A(5),F(5,5),MT(5),T(5,100),TP(5,100),
     *          VJ(5),AJ(5,5),BJ(5)
      REAL L,K
      COMMON /LC3/NL,L,K,DEN,C,RE,H,E,DL,DTI/LC4/A,F
     *       /LC7/MT,NVA/LC9/T,TP,TVO,TVOP/LC13/VJ/LC15/AJ,BJ

      SB=5.67/10.**8.
      DO 100 I=1,5
      DO 200 J=1,5
      IF(J.NE.I) AJ(I,J)=-(1.-E(I,2))*F(I,J)
200   CONTINUE
      AJ(I,I)=1.
      BJ(I)=E(I,2)*SB*T(I,MT(I))**4.
100   CONTINUE
      CALL GAUSS2(5)
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (GAUSS ELIMINATION)                              |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE GAUSS1(N)
      DIMENSION A(500,500),B(500),X(500)
      COMMON /LC11/X/LC14/A,B
      CALL SCALE1(N)
      DO 100 I=1,N-1
      CALL PIVOT1(N,I)
      DO 200 J=I+1,N
      RATIO=A(J,I)/A(I,I)
      DO 300 K=I+1,N
      A(J,I)=0.
      A(J,K)=A(J,K)-A(I,K)*RATIO
300   CONTINUE
      B(J)=B(J)-B(I)*RATIO
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      X(N)=B(N)/A(N,N)
      DO 400 L=N-1,1,-1
      SUM=0.
      DO 500 M=L+1,N
      SUM=SUM+A(L,M)*X(M)
500   CONTINUE
      X(L)=(B(L)-SUM)/A(L,L)
400   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM SCALING FOR GAUSS ELIMINATION)          |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SCALE1(N)
```

```
      DIMENSION A(500,500),B(500)
      COMMON /LC14/A,B
      DO 100 I=1,N
      AMAX=ABS(A(I,1))
      DO 200 J=2,N
      AOTH=ABS(A(I,J))
      IF(AOTH.GT.AMAX) AMAX=AOTH
200   CONTINUE
      DO 300 M=1,N
      A(I,M)=A(I,M)/AMAX
300   CONTINUE
      B(I)=B(I)/AMAX
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM PARTIAL PIVOTING FOR GAUSS ELIMINATION) |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE PIVOT1(N,I)
      DIMENSION A(500,500),B(500)
      COMMON /LC14/A,B
      J=I
      AMAX=ABS(A(I,I))
      DO 100 K=I+1,N
      AOTH=ABS(A(K,I))
      IF(AOTH.GT.AMAX) THEN
      AMAX=AOTH
      J=K
      END IF
100   CONTINUE
      IF(J.NE.I) THEN
      DO 200 L=I,N
      DUMY=A(J,L)
      A(J,L)=A(I,L)
      A(I,L)=DUMY
200   CONTINUE
      DUMY=B(J)
      B(J)=B(I)
      B(I)=DUMY
      END IF
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (GAUSS ELIMINATION)                              |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE GAUSS2(N)
      DIMENSION A(5,5),B(5),X(5)
      COMMON /LC13/X/LC15/A,B
      CALL SCALE2(N)
      DO 100 I=1,N-1
      CALL PIVOT2(N,I)
      DO 200 J=I+1,N
      RATIO=A(J,I)/A(I,I)
      DO 300 K=I+1,N
      A(J,I)=0.
      A(J,K)=A(J,K)-A(I,K)*RATIO
300   CONTINUE
      B(J)=B(J)-B(I)*RATIO
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      X(N)=B(N)/A(N,N)
      DO 400 L=N-1,1,-1
      SUM=0.
      DO 500 M=L+1,N
      SUM=SUM+A(L,M)*X(M)
500   CONTINUE
      X(L)=(B(L)-SUM)/A(L,L)
400   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM SCALING FOR GAUSS ELIMINATION)          |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SCALE2(N)
      DIMENSION A(5,5),B(5)
      COMMON /LC15/A,B
      DO 100 I=1,N
      AMAX=ABS(A(I,1))
      DO 200 J=2,N
      AOTH=ABS(A(I,J))
      IF(AOTH.GT.AMAX) AMAX=AOTH
```

```
200   CONTINUE
      DO 300 M=1,N
      A(I,M)=A(I,M)/AMAX
300   CONTINUE
      B(I)=B(I)/AMAX
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM PARTIAL PIVOTING FOR GAUSS ELIMINATION) |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE PIVOT2(N,I)
      DIMENSION A(5,5),B(5)
      COMMON /LC15/A,B
      J=I
      AMAX=ABS(A(I,I))
      DO 100 K=I+1,N
      AOTH=ABS(A(K,I))
      IF(AOTH.GT.AMAX) THEN
      AMAX=AOTH
      J=K
      END IF
100   CONTINUE
      IF(J.NE.I) THEN
      DO 200 L=I,N
      DUMY=A(J,L)
      A(J,L)=A(I,L)
      A(I,L)=DUMY
200   CONTINUE
      DUMY=B(J)
      B(J)=B(I)
      B(I)=DUMY
      END IF
      RETURN
      END
```

ตัวอย่างรายละเอียดของไฟล์ข้อมูลดิบของโปรแกรม PRO1T

```
<INPUT DATA FOR CALCUTATE HEAT TRANSFER THROUGH
 TRIANGLE ROOF SYSTEM
>
<ROOF DIMENSION (m.)
 W1,W2,W3,W4
>
10,5.77,5.77,20
<LOCATION OF ROOF (degree.minute)
 LA,LL,LS
>
13.40,100.37,90
<ANGLE OF AXIS OF ROOF,AX (degree.minute)
>
0
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 1
 NL(1)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 1
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
.01
8.248
1922
1005
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 2
 NL(2)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 2
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.01
8.248
1922
1005
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 3
 NL(3)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 3
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.01
8.248
1922
1005
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 4
 NL(4)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 4
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.01
8.248
1922
1005
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 5
 NL(5)
>
2
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 5
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
```

```
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.01,0.05
0.16,0.045
801,16
1089,837
<REFLECTIVITY,RE(I)
>
0.4,0.4,0.4,0.4,0.4
<CONVECTION HEAT TRANSFER COEFFICIENT (W/sq.m.)
 H(I,1)
 H(I,2)
>
20,20,20,20,20
10,10,10,10,10
<EMISSIVITY
 E(I,1)
 E(I,2)
>
0.88,0.88,0.88,0.88,0.91
0.88,0.88,0.88,0.88,0.07
<DISTANT BETWEEN NODE,DL (m.)
>
0.0075
<STEP TIME,DTI (sec.)
>
1800
<ROOM TEMPERATURE,TR (C)
>
25
<VENTILATION VOLUME,VMT (cu.m./sec.)
>
0
<DURATION TIME (dd,mm)
 SDD,SMM
 FDD,FMM
>
1,6
1,6
<GLOBAL RADIATION,GIT(I,J) (W/sq.m.)
>
0,0,0,0,2.78,5.56,158.3,397.22,611.11,850,961.11,1025,1019.44,961.11,813.88,655.55,32
4.44,210.56,50,0,0,0,0,0
<DIFFUSE RADIATION,DIT(I,J) (W/sq.m.)
>
0,0,0,0,0,0,19.44,63.89,119.44,161.11,183.33,213.89,219.44,211.11,169.44,138.89,86.11
,38.88,5.56,0,0,0,0,0
<AMBIENT TEMPERATURE (C)
>
27,26.9,26.8,26.8,26.7,26.9,27.4,28.4,30.1,31.5,32.4,33.5,34.8,35.3,35,33.5,32.5,31.3
,31.9,30.6,30.5,30.3,29.7,30.5
```

ตัวอย่างรายละเอียดไฟล์แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม PRO1T

```
OUTPUT DATA OF PROGRAM CALCULATE HEAT TRANSFER
 THROUGH TRIANGLE ROOF SYSTEM
 -RATE OF HEAT TRANSFER
 QHT(152, 1)=  0.5246E+01 W/m2
 QHT(152, 2)=  0.4785E+01 W/m2
 QHT(152, 3)=  0.3678E+01 W/m2
 QHT(152, 4)=  0.3548E+01 W/m2
 QHT(152, 5)=  0.3578E+01 W/m2
 QHT(152, 6)=  0.4217E+01 W/m2
 QHT(152, 7)=  0.1395E+02 W/m2
 QHT(152, 8)=  0.3874E+02 W/m2
 QHT(152, 9)=  0.7154E+02 W/m2
 QHT(152,10)=  0.1098E+03 W/m2
 QHT(152,11)=  0.1332E+03 W/m2
 QHT(152,12)=  0.1515E+03 W/m2
 QHT(152,13)=  0.1648E+03 W/m2
 QHT(152,14)=  0.1705E+03 W/m2
 QHT(152,15)=  0.1650E+03 W/m2
 QHT(152,16)=  0.1527E+03 W/m2
 QHT(152,17)=  0.1417E+03 W/m2
 QHT(152,18)=  0.8442E+02 W/m2
 QHT(152,19)=  0.4271E+02 W/m2
 QHT(152,20)=  0.3635E+02 W/m2
 QHT(152,21)=  0.2684E+02 W/m2
 QHT(152,22)=  0.2543E+02 W/m2
 QHT(152,23)=  0.2338E+02 W/m2
 QHT(152,24)=  0.2324E+02 W/m2
```

ภาคผนวก ข.

โปรแกรม PRO1F

รายละเอียดของโปรแกรม PRO1F

```
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | PROGRAM-1F (HEAT TRANSFER THROUGH FLAT ROOF SYSTEM          |
C     |             ON TRANSIENT CONDITION)                         |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     |  NL : NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF                      |
C     |   L : THICKNESS OF ROOF                                     |
C     |   K : THERMAL CONDUCTIVITY                                  |
C     | DEN : DENSITY OF MATERIAL                                   |
C     |   C : SPECIFIC HEAT                                         |
C     |  RE : REFLECTIVITY                                          |
C     |   H : CONVECTION HEAT TRANSFER COEFFICIENT                  |
C     |   E : EMISSIVITY                                            |
C     |   A : AREA                                                  |
C     |   F : VIEW FACTOR                                           |
C     |  GS : SOLAR RADIATION INTENSITY                             |
C     |   T : TEMPERATURE OF ROOF                                   |
C     |  TA : AMBIENT TEMPERATURE                                   |
C     |  TR : ROOM TEMPERATURE                                      |
C     | TVO : TEMPERATURE OF VENTILATION AIR AT OUTLET              |
C     |-------------------------------------------------------------|
      DIMENSION NL(6),L(6,10),K(6,10),DEN(6,10),C(6,10),RE(6),H(6,2),
     *          E(6,2),A(6),F(6,6),GS(5),MT(6),T(6,100),TP(6,100),
     *          IGT(365,24),IDT(365,24),TAT(365,24),TAK(365,24),
     *          TT(365,24,6,2),TVOT(365,24),QHT(365,24),QDT(365)
      REAL LA,LL,LS,IG,ID,L,K,IGT,IDT
      INTEGER DD,SDD,SMM,FDD,FMM
      COMMON Z/LC1/W1,W2,W3/LC2/LA,LL,LS,AX
     *       /LC3/NL,L,K,DEN,C,RE,H,E,DL,DTI/LC4/A,F/LC5/ST,ND,IG,ID
     *       /LC6/GS/LC7/MT,NVA/LC8/TA,TR,VM,RM,VMDUM,RMDUM
     *       /LC9/T,TP,TVO,TVOP
      OPEN(7,FILE='IN1F.DAT')
      OPEN(8,FILE='OUT1F.DAT')
      CALL COMMEND()
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) W1,W2,W3
      IF((W1.LE.0.).OR.(W2.LE.0.).OR.(W3.LE.0.)) THEN
      WRITE(*,*) 'DIMENSION OF ROOF ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) LA,LL,LS
      IF((ABS(LA).GT.90.).OR.(ABS(LL).GT.180.)
     *  .OR.(ABS(LS).GT.180.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF LA,LL,LS ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) AX
      IF(ABS(AX).GT.90.) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF AX IS INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(1)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(1,I),I=1,NL(1))
      READ(7,*) (K(1,I),I=1,NL(1))
      READ(7,*) (DEN(1,I),I=1,NL(1))
      READ(7,*) (C(1,I),I=1,NL(1))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(2)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(2,I),I=1,NL(2))
      READ(7,*) (K(2,I),I=1,NL(2))
      READ(7,*) (DEN(2,I),I=1,NL(2))
      READ(7,*) (C(2,I),I=1,NL(2))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(3)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(3,I),I=1,NL(3))
      READ(7,*) (K(3,I),I=1,NL(3))
```

```
      READ(7,*) (DEN(3,I),I=1,NL(3))
      READ(7,*) (C(3,I),I=1,NL(3))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(4)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(4,I),I=1,NL(4))
      READ(7,*) (K(4,I),I=1,NL(4))
      READ(7,*) (DEN(4,I),I=1,NL(4))
      READ(7,*) (C(4,I),I=1,NL(4))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(5)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(5,I),I=1,NL(5))
      READ(7,*) (K(5,I),I=1,NL(5))
      READ(7,*) (DEN(5,I),I=1,NL(5))
      READ(7,*) (C(5,I),I=1,NL(5))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) NL(6)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (L(6,I),I=1,NL(6))
      READ(7,*) (K(6,I),I=1,NL(6))
      READ(7,*) (DEN(6,I),I=1,NL(6))
      READ(7,*) (C(6,I),I=1,NL(6))
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (RE(I),I=1,6)
      DO 2 I=1,6
      IF((RE(I).LE.0.).OR.(RE(I).GE.1.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF RE ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
2     CONTINUE
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (H(I,1),I=1,6)
      READ(7,*) (H(I,2),I=1,6)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (E(I,1),I=1,6)
      READ(7,*) (E(I,2),I=1,6)
      DO 3 I=1,6
      IF((E(I,1).LE.0.).OR.(E(I,1).GE.1.)
     *  .OR.(E(I,2).LE.0.).OR.(E(I,2).GE.1.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF E ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
3     CONTINUE
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) DL
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) DTI
      IF((DTI.LE.0.).OR.(DTI.GE.3600.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF DTI IS INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) TRT
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) VMT
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) SDD,SMM
      READ(7,*) FDD,FMM
      IF(((SMM.EQ.FMM).AND.(SDD.GT.FDD)).OR.(SMM.GT.FMM)) THEN
      WRITE(*,5)
5     FORMAT(1X,'SHOULD CHANGE NEW STARTING AND FINISHING DAY'/,
     *       1X,'STARTING DAY SHALL BE BEFORE FINISHING DAY')
      GO TO 25
      END IF
      DO 90 I=1,2
      IF(I.EQ.1) THEN
      DD=SDD
      MM=SMM
      ELSE
      DD=FDD
      MM=FMM
      END IF
      IF(MM.EQ.1) ND=DD
      IF(MM.EQ.2) ND=31+DD
      IF(MM.EQ.3) ND=59+DD
      IF(MM.EQ.4) ND=90+DD
      IF(MM.EQ.5) ND=120+DD
      IF(MM.EQ.6) ND=151+DD
      IF(MM.EQ.7) ND=181+DD
      IF(MM.EQ.8) ND=212+DD
```

```
      IF(MM.EQ.9) ND=243+DD
      IF(MM.EQ.10) ND=273+DD
      IF(MM.EQ.11) ND=304+DD
      IF(MM.EQ.12) ND=334+DD
      IF(I.EQ.1) THEN
      NSD=ND
      ELSE
      NFD=ND
      END IF
90    CONTINUE
      NDT=NFD-NSD+1
      CALL COMMEND()
      DO 10 I=1,NDT
      READ(7,*) (IGT(I,J),J=1,24)
10    CONTINUE
      CALL COMMEND()
      DO 20 I=1,NDT
      READ(7,*) (IDT(I,J),J=1,24)
20    CONTINUE
      CALL COMMEND()
      DO 30 I=1,NDT
      READ(7,*) (TAT(I,J),J=1,24)
30    CONTINUE
      DO 11 I=1,6
      IF(NL(I).LT.3) THEN
      DLUP=L(I,1)
      ELSE
      DLUP=L(I,2)
      END IF
      IF(NL(I).LT.3) THEN
      DO 12 J=1,NL(I)
      IF(L(I,J).GT.DLUP) DLUP=L(I,J)
12    CONTINUE
      ELSE
      DO 13 J=2,NL(I)-1
      IF(L(I,J).LT.DLUP) DLUP=L(I,J)
13    CONTINUE
      END IF
      SUML=0.
      DO 14 J=1,NL(I)
      SUML=SUML+L(I,J)
14    CONTINUE
      DLLOW=SUML/100.
      IF(I.EQ.1) THEN
      DLMIN=DLLOW
      DLMAX=DLUP
      ELSE
      IF(DLUP.LT.DLMAX) DLMAX=DLUP
      IF(DLLOW.GT.DLMIN) DLMIN=DLLOW
      END IF
11    CONTINUE
      IF((DL.LE.DLMIN).OR.(DL.GE.DLMAX)) THEN
      WRITE(*,15) DLMIN,DLMAX
15    FORMAT(1X,'SHOULD CHANGE NEW DL VALUE'/,
     *       1X,'IT SHALL BE',F10.6,'< DL <',F10.6)
      GO TO 25
      END IF
      WRITE(*,*) 'READ O.K.'
      CALL VIEW
      RMDUM=A(1)*W3
      NVA=0
      DO 100 I=1,6
      SUML=0.
      DO 200 J=1,NL(I)
      SUML=SUML+L(I,J)
200   CONTINUE
      PR=SUML/DL
      NPR=PR
      IF(PR.GT.NPR) THEN
      MT(I)=NPR+2
      ELSE
      MT(I)=NPR+1
      END IF
      NVA=NVA+MT(I)
100   CONTINUE
      NVA=NVA+1
      DO 120 I=1,NDT
      DO 130 J=1,24
      TAK(I,J)=TAT(I,J)+273.15
      TRK=TRT+273.15
130   CONTINUE
```

```
120   CONTINUE
      DO 300 I=1,6
      DO 400 J=1,MT(I)
      IF(I.EQ.6) THEN
      TP(I,J)=TRK
      ELSE
      TP(I,J)=TAK(1,1)
      END IF
400   CONTINUE
300   CONTINUE
      TVOP=TAK(1,1)
      ND=NSD-1
      LO=3600./DTI
      NLO=LO
      IF(LO.GT.NLO) NLO=NLO+1
      QT=0.
      DO 500 I=1,NDT
      ND=ND+1
      QD=0.
      DO 600 J=1,24
      SUMDTI=0.
      QH=0.
      DO 700 IK=1,NLO
      IF(IK.EQ.NLO) THEN
      DTIDUM=DTI
      DTI=3600.-SUMDTI
      END IF
      SUMDTI=SUMDTI+DTI
      IF((I.EQ.1).AND.(J.EQ.1)) THEN
      IG=IGT(1,1)
      ID=IDT(1,1)
      TA=TAK(1,1)
      ELSE
      IF(J.EQ.1) THEN
      IG=(IGT(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+IGT(I,1)*SUMDTI)/3600.
      ID=(IDT(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+IDT(I,1)*SUMDTI)/3600.
      TA=(TAK(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+TAK(I,1)*SUMDTI)/3600.
      ELSE
      IG=(IGT(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+IGT(I,J)*SUMDTI)/3600.
      ID=(IDT(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+IDT(I,J)*SUMDTI)/3600.
      TA=(TAK(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+TAK(I,J)*SUMDTI)/3600.
      END IF
      END IF
      TR=TRK
      VMDUM=VMT
      ST=J-1.+SUMDTI/3600.
      CALL SOLAR
      CALL NEWRAP
      IF(Z.EQ.0.) GO TO 800
      QDTI=H(6,1)*A(6)*(T(6,1)-TR)*DTI
      DO 900 IL=1,6
      DO 1000 IM=1,MT(IL)
      TP(IL,IM)=T(IL,IM)
1000  CONTINUE
900   CONTINUE
      TVOP=TVO
      QH=QH+QDTI
      IF(IK.EQ.NLO) DTI=DTIDUM
700   CONTINUE
      DO 1100 IN=1,6
      TT(I,J,IN,1)=T(IN,1)-273.15
      TT(I,J,IN,2)=T(IN,MT(IN))-273.15
1100  CONTINUE
      TVOT(I,J)=TVO-273.15
      QHT(I,J)=QH
      QD=QD+QH
600   CONTINUE
      QDT(I)=QD
      QT=QT+QD
500   CONTINUE
      WRITE(8,1200)
1200  FORMAT(1X,'OUTPUT DATA OF PROGRAM CALCULATE HEAT TRANSFER' /,
     *     1X,'THROUGH FLAT ROOF SYSTEM ')
      ND=NSD-1
      DO 1300 I=1,NDT
      ND=ND+1
      WRITE(8,2000)
2000  FORMAT(1X,'-RATE OF HEAT TRANSFER PER HOUR')
      DO 1400 J=1,24
      WRITE(8,2100) ND,J,QHT(I,J)
2100  FORMAT(1X,'QHT(',I3,',',I2,')=',E12.4,1X,'J/HR.')
```

```
1400  CONTINUE
      WRITE(8,2200)
2200  FORMAT(1X,'-RATE OF HEAT TRANSFER PER DAY')
      WRITE(8,2300) ND,QDT(I)
2300  FORMAT(1X,'QDT(',I3,')=',E12.4,1X,'J/DAY')
1300  CONTINUE
      WRITE(8,1850) QT
1850  FORMAT(1X,'-TOTAL HEAT TRANSFER THROUGH ROOF SYSTEM'/,
     *       1X,'=',E12.4,1X,'J')
25    STOP
800   WRITE(8,1900)
1900  FORMAT(1X,'TEMPERATURES ARE DIVERGE')
      STOP
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (ELIMINATE THE COMMENT ON THE INPUT FILE.        |
C     |             "<" AS A BEGINING SIGN OF COMMENT AND ">"       |
C     |             AS THE END.)                                    |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE COMMEND ()
      CHARACTER FIRST
100   READ(7,'(A)') FIRST
      IF(FIRST.EQ.' ') GO TO 100
      IF(FIRST.NE.'<') WRITE(*,*) 'INPUT ERROR'
200   READ(7,'(A)') FIRST
      IF(FIRST.NE.'>') GO TO 200
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND ROOF AREA AND VIEW FACTOR)                 |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | W1,W2,W3 : DIMENSION OF ROOF                                |
C     |            A : AREA                                         |
C     |            F : VIEW FACTOR                                  |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE VIEW
      DIMENSION A(6),F(6,6)
      COMMON /LC1/W1,W2,W3/LC4/A,F
C     -------------------------------------------
      FOIJ(X,Y,PI)=(2./(PI*X*Y))*(ALOG(SQRT((1.+X*X)*(1.+Y*Y)
     *             /(1.+X*X+Y*Y)))+X*SQRT(1.+Y*Y)*ATAN(X/SQRT(1.+Y*Y))
     *             +Y*SQRT(1.+X*X)*ATAN(Y/SQRT(1.+X*X))
     *             -X*ATAN(X)-Y*ATAN(Y))
      FPIJ(H,W,PI)=(1./(PI*W))*(W*ATAN(1./W)+H*ATAN(1./H)
     *             -SQRT(H*H-W*W)*ATAN(1./SQRT(H*H+W*W))
     *             +(1./4.)*ALOG(((1.+W*W)*(1.+H*H)/(1.+W*W+H*H))
     *             *(W*W*(1.+W*W+H*H)/((1.+W*W)*(W*W+H*H)))**(W*W)
     *             *(H*H*(1.+H*H+W*W)/((1.+H*H)*(H*H+W*W)))**(H*H)))
      PI=2.*ASIN(1.)
C     -------------------------------------------
      A(1)=W1*W2
      A(2)=W2*W3
      A(3)=A(1)
      A(4)=A(2)
      A(5)=W1*W3
      A(6)=A(5)
C     -------------------------------------------
      F(1,1)=0.
      H=W3/W2
      W=W1/W2
      F(1,2)=FPIJ(H,W,PI)
      X=W1/W3
      Y=W2/W3
      F(1,3)=FOIJ(X,Y,PI)
      F(1,4)=F(1,2)
      H=W3/W1
      W=W2/W1
      F(1,5)=FPIJ(H,W,PI)
      F(1,6)=F(1,5)
C     -------------------------------------------
      F(2,1)=A(1)*F(1,2)/A(2)
      F(2,2)=0.
      F(2,3)=F(2,1)
      X=W3/W1
      Y=W2/W1
      F(2,4)=FOIJ(X,Y,PI)
      H=W1/W3
      W=W2/W3
      F(2,5)=FPIJ(H,W,PI)
      F(2,6)=F(2,5)
C     -------------------------------------------
```

```
      F(3,1)=F(1,3)
      F(3,2)=F(1,2)
      F(3,3)=0.
      F(3,4)=F(1,4)
      F(3,5)=F(1,5)
      F(3,6)=F(3,5)
C     ------------------------------------------
      F(4,1)=F(2,1)
      F(4,2)=F(2,4)
      F(4,3)=F(2,3)
      F(4,4)=0.
      F(4,5)=F(2,5)
      F(4,6)=F(4,5)
C     ------------------------------------------
      F(5,1)=A(1)*F(1,5)/A(5)
      F(5,2)=A(2)*F(2,5)/A(5)
      F(5,3)=F(5,1)
      F(5,4)=F(5,2)
      F(5,5)=0.
      X=W3/W2
      Y=W1/W2
      F(5,6)=FOIJ(X,Y,PI)
C     ------------------------------------------
      F(6,1)=F(5,1)
      F(6,2)=F(5,2)
      F(6,3)=F(5,3)
      F(6,4)=F(5,4)
      F(6,5)=F(5,6)
      F(6,6)=0.
C     ------------------------------------------
      RETURN
      END
C     |--------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (SOLAR INTENSITY)                                 |
C     |--------------------------------------------------------------|
C     |  AA : SURFACE AZIMUTH ANGLE                                  |
C     |  AX : AXIS ANGLE                                             |
C     |  CO : VALUE OF COSINE OF INCIDENCE ANGLE                     |
C     | COZ : VALUE OF COSINE OF ZENITH ANGLE                        |
C     |  DE : DECLINATION                                            |
C     |   E : EQUATON OF TIME CORRECTION                             |
C     |  GS : SOLAR RADIATION INTENSITY                              |
C     |  HA : HOUR ANGLE                                             |
C     |  IB : BEAM RADIATION INTENSITY                               |
C     |  ID : DIFFUSE RADIATION INTENSITY                            |
C     |  IG : GOBAL RADIATION INTENSITY                              |
C     |  LA : LATITUDE                                               |
C     |  LL : LONGITUDE OF LOCAL                                     |
C     |  LS : LONGITUDE OF STANDARD TIME                             |
C     |  ND : NUMBER OF DAY IN THE YEAR                              |
C     |  RB : BEAM RADIATION FACTOR                                  |
C     |  RD : DIFFUSE RADIATION FACTOR                               |
C     |  RR : REFLECTED RADIATION FACTOR                             |
C     |  SL : SLOPE                                                  |
C     |  ST : STANDARD TIME                                          |
C     |  SOT: SOLAR TIME                                             |
C     |--------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SOLAR
      DIMENSION GS(5),AA(4)
      REAL LA,LL,LS,IG,ID
      COMMON /LC2/LA,LL,LS,AX,/LC5/ST,ND,IG,ID,/LC6/GS
      PI=2.*ASIN(1.)
      RA=PI/180.
      DG=180./PI
      ILA=LA
      DEC=LA-ILA
      LA=ILA+DEC/0.60
      LA=LA*RA
      DE=23.45*SIN(360.*(284.+ND)*RA/365.)*RA
      IAX=AX
      DEC=AX-IAX
      AX=IAX+DEC/0.60
      AA(1)=AX-90.
      AA(2)=AA(1)+90.
      AA(3)=AA(1)+180.
      AA(4)=AA(1)+270.
      AA(1)=AA(1)*RA
      AA(2)=AA(2)*RA
      AA(3)=AA(3)*RA
      AA(4)=AA(4)*RA
      B=360.*(ND-1.)*RA/365.
```

```
      E=229.2*(0.000075+0.001868*COS(B)-0.032077*SIN(B)
     *  -0.014615*COS(2.*B)-0.04089*SIN(2.*B))
      ILL=LL
      DEC=LL-ILL
      LL=ILL+DEC/0.60
      ILS=LS
      DEC=LS-ILS
      LS=ILS+DEC/0.60
      SOT=ST+(4.*(LL-LS)+E)/60.
      HA=(SOT-12.)*15.*RA
      DO 100 I=1,4
      AAI=AA(I)
      CO=-SIN(DE)*COS(LA)*COS(AAI)
     *    +COS(DE)*SIN(LA)*COS(AAI)*COS(HA)
     *    +COS(DE)*SIN(AAI)*SIN(HA)
      IF(CO.LT.0.) CO=0.
      COZ=SIN(DE)*SIN(LA)+COS(DE)*COS(LA)*COS(HA)
      IB=IG-ID
      RB=CO/COZ
      IF(RB.LT.0.) RB=RB*(-1.)
      RD=1./2.
      RR=0.2/2.
      GS(I)=IB*RB+ID*RD+(IB+ID)*RR
100   CONTINUE
      GS(5)=IG
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (NEWTON-RAPHSON METHOD)                          |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE NEWRAP
      DIMENSION NL(6),L(6,10),K(6,10),DEN(6,10),C(6,10),RE(6),H(6,2),
     *          E(6,2),A(6),F(6,6),GS(5),MT(6),T(6,100),TP(6,100),
     *          FT(600),DT(600)
      REAL L,K
      COMMON Z/LC3/NL,L,K,DEN,C,RE,H,E,DL,DTI/LC4/A,F/LC6/GS
     *       /LC7/MT,NVA/LC8/TA,TR,VM,RM,VMDUM,RMDUM/LC9/T,TP,TVO,TVOP
     *       /LC10/FT/LC11/DT
      DO 100 I=1,6
      DO 200 J=1,MT(I)
      T(I,J)=TP(I,J)
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      TVO=TVOP
      Z=0.
      ZZ=0.
      DO 300 I=1,100
      CALL FTATDT
      DO 600 IK=1,NVA
      IF(ABS(DT(IK)).GT.0.001) GO TO 700
600   CONTINUE
      ZZ=ZZ+1.
      IF(ZZ.LT.2.) GO TO 700
      RETURN
700   ISUM=0
      DO 800 IL=1,6
      DO 900 IM=1,MT(IL)
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'T(',IL,',',IM,')=',T(IL,IM),'K'
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'DT=',DT(ISUM+IM)
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'FT=',FT(ISUM+IM)
      T(IL,IM)=T(IL,IM)-DT(ISUM+IM)
900   CONTINUE
      ISUM=ISUM+MT(IL)
800   CONTINUE
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'TVO=',TVO,'K'
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'DT=',DT(NVA)
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'FT=',FT(NVA)
      TVO=TVO-DT(NVA)
      IF(I.EQ.100) THEN
      Z=0.
      ELSE
      Z=I
      END IF
300   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND FT,AT AND DT VALUE)                        |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE FTATDT
      DIMENSION NL(6),L(6,10),K(6,10),DEN(6,10),C(6,10),RE(6),H(6,2),
```

```
*           E(6,2),A(6),F(6,6),GS(5),MT(6),T(6,100),TP(6,100),
*           FT(600),DT(600),VJ(6),AT(600,600),BT(600)
      REAL L,K
      COMMON /LC3/NL,L,K,DEN,C,RE,H,E,DL,DTI/LC4/A,F/LC6/GS
*        /LC7/MT,NVA/LC8/TA,TR,VM,RM,VMDUM,RMDUM/LC9/T,TP,TVO,TVOP
*        /LC10/FT/LC11/DT/LC12/CAV,CAR/LC13/VJ/LC14/AT,BT
      TS=TA-6.
      SB=5.67/10.**8.
      CALL AIRMAS
      CALL JVALUE
      DO 10 I=1,NVA
      DO 20 J=1,NVA
      AT(I,J)=0.
20    CONTINUE
10    CONTINUE
      MSUM=0
      DO 100 I=1,6
      IF(I.NE.6) THEN
      IF(L(I,1).GE.DL) THEN
      FT(MSUM+1)=(1.-RE(I))*A(I)*GS(I)
*            +K(I,1)*A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/DL
*            +H(I,1)*A(I)*(TA-T(I,1))
*            +E(I,1)*A(I)*SB*(TS**4.-T(I,1)**4.)
*            -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-K(I,1)*A(I)/DL-H(I,1)*A(I)
*                   -4.*E(I,1)*A(I)*SB*T(I,1)**3.
*                   -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=K(I,1)*A(I)/DL
      ELSE
      DL2=DL-L(I,1)
      IF(L(I,1).GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+1)=(1.-RE(I))*A(I)*GS(I)
*            +A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
*            +H(I,1)*A(I)*(TA-T(I,1))
*            +E(I,1)*A(I)*SB*(TS**4.-T(I,1)**4.)
*            -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))-H(I,1)*A(I)
*                   -4.*E(I,1)*A(I)*SB*T(I,1)**3.
*                   -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
      ELSE
      FT(MSUM+1)=(1.-RE(I))*A(I)*GS(I)
*            +A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
*            +H(I,1)*A(I)*(TA-T(I,1))
*            +E(I,1)*A(I)*SB*(TS**4.-T(I,1)**4.)
*            -(DEN(I,1)*C(I,1)*L(I,1)
*            +DEN(I,2)*C(I,2)*(DL/2.-L(I,1)))
*            *A(I)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))-H(I,1)*A(I)
*                   -4.*E(I,1)*A(I)*SB*T(I,1)**3.
*                   -(DEN(I,1)*C(I,1)*L(I,1)
*                   +DEN(I,2)*C(I,2)*(DL/2.-L(I,1)))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
      END IF
      END IF
      ELSE
      IF(L(I,1).GE.DL) THEN
      FT(MSUM+1)=K(I,1)*A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/DL
*            +H(I,1)*A(I)*(TR-T(I,1))
*            -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-K(I,1)*A(I)/DL-H(I,1)*A(I)
*                   -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=K(I,1)*A(I)/DL
      ELSE
      DL2=DL-L(I,1)
      IF(L(I,1).GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+1)=A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
*            +H(I,1)*A(I)*(TR-T(I,1))
*            -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))-H(I,1)*A(I)
*                   -DEN(I,1)*C(I,1)*A(I)*(DL/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
      ELSE
      FT(MSUM+1)=A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
*            +H(I,1)*A(I)*(TR-T(I,1))
*            -(DEN(I,1)*C(I,1)*L(I,1)
*            +DEN(I,2)*C(I,2)*(DL/2.-L(I,1)))
*            *A(I)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))-H(I,1)*A(I)
*                   -(DEN(I,1)*C(I,1)*L(I,1)
*                   +DEN(I,2)*C(I,2)*(DL/2.-L(I,1)))*A(I)/DTI
```

```
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=A(I)/(L(I,1)/K(I,1)+DL2/K(I,2))
      END IF
      END IF
      END IF
C     ------------------------------------------------------------------
      IF(MT(I).GT.3) THEN
      DO 200 M=2,MT(I)-2
      SUML=0.
      DO 300 IM=1,NL(I)
      SUML=SUML+L(I,IM)
      IF(SUML.GE.DL*(M-1)) THEN
      J=IM
      DL2=DL*(M-1)-(SUML-L(I,IM))
      DL3=SUML-DL*(M-1)
      GO TO 310
      END IF
300   CONTINUE
310   IF(DL2.GE.DL) THEN
      IF(DL3.GE.DL) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)+T(I,M-1)-2.*T(I,M))/DL
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-2.*K(I,J)*A(I)/DL
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL
      ELSE
      DL4=DL-DL3
      IF(DL3.GE.DL4) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL-A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      ELSE
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *           +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*(DL/2.-DL3))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL-A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *                  +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*(DL/2.-DL3))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      END IF
      END IF
      ELSE
      DL1=DL-DL2
      IF(DL1.GE.DL2) THEN
      IF(DL3.GE.DL) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL
     *           -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *           +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL2))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-K(I,J)*A(I)/DL
     *                  -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *                  +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL2))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL
      ELSE
      DL4=DL-DL3
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *           +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL2))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *                  +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL2))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      END IF
      ELSE
      IF(DL3.GE.DL) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
```

```
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-K(I,J)*A(I)/DL
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL
      ELSE
      DL4=DL-DL3
      IF(DL3.GE.DL4) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *          +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *          -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*DL/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      ELSE
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *          +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *          -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *          +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*(DL/2.-DL3))
     *          *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *                  +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*(DL/2.-DL3))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      END IF
      END IF
      END IF
      END IF
200   CONTINUE
      END IF
C     ------------------------------------------------------------------
      SUML=0.
      ZZ=0.
      DO 320 IL=1,NL(I)
      SUML=SUML+L(I,IL)
      IF((SUML.GE.DL*(MT(I)-2)).AND.(ZZ.EQ.0.)) THEN
      J=IL
      ZZ=ZZ+1.
      END IF
320   CONTINUE
      DLDUM=SUML-DL*(MT(I)-2)
      DL3=DLDUM
      M=MT(I)-1
      IF(L(I,NL(I)).GE.(DL+DL3)) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
     *          +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL3
     *          -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3)/2.)
     *          *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)*(1/DL+1/DL3)
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3)/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL3
      ELSE
      IF(L(I,NL(I)).GE.DL3) THEN
      DL2=L(I,NL(I))-DL3
      DL1=DL-DL2
      IF(DL1.GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *          +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL3
     *          -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *          +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL2+DL3/2.))
     *          *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-K(I,J)*A(I)/DL3
     *                  -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *                  +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL2+DL3/2.))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL3
      ELSE
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *          +K(I,J)*A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/DL3
     *          -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3)/2.)
     *          *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-K(I,J)*A(I)/DL3
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3)/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=K(I,J)*A(I)/DL3
      END IF
      ELSE
```

```
      DL3=DL3-L(I,NL(I))
      DL4=L(I,NL(I))
      IF(DL3.GE.DL4) THEN
      IF(L(I,NL(I)-1).GE.(DL+DL3)) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3+DL4)/2.)
     *           *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL-A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3+DL4)/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      ELSE
      DL1=(DL+DL3)-L(I,NL(I)-1)
      DL2=DL-DL1
      IF(DL1.GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *           +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL2+(DL3+DL4)/2.))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*(DL/2.-DL2)
     *                  +DEN(I,J)*C(I,J)*(DL2+(DL3+DL4)/2.))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      ELSE
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3+DL4)/2.)
     *           *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL+DL3+DL4)/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      END IF
      END IF
      ELSE
      IF(L(I,NL(I)-1).GE.(DL+DL3)) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *           +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*((DL4-DL3)/2.))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL-A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *                  +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*((DL4-DL3)/2.))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      ELSE
      DL1=(DL+DL3)-L(I,NL(I)-1)
      DL2=DL-DL1
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +A(I)*(T(I,M+1)-T(I,M))/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *           -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *           +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*((DL4-DL3)/2.))
     *           *A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *                  -A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
     *                  -(DEN(I,J)*C(I,J)*(DL/2.+DL3)
     *                  +DEN(I,J+1)*C(I,J+1)*((DL4-DL3)/2.))*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M+1)=A(I)/(DL3/K(I,J)+DL4/K(I,J+1))
      END IF
      END IF
      END IF
      END IF
C     ------------------------------------------------------------------
      J=NL(I)
      M=MT(I)
      DL2=DLDUM
      IF(L(I,NL(I)).GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+M)=K(I,J)*A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/DL2
     *           +H(I,2)*A(I)*(TVO-T(I,M))
     *           +E(I,2)*A(I)*(VJ(I)-SB*T(I,M)**4.)/(1.-E(I,2))
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*(DL2/2.)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=K(I,J)*A(I)/DL2
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-K(I,J)*A(I)/DL2-H(I,2)*A(I)
     *                  -4.*E(I,2)*A(I)*SB*T(I,M)**3./(1.-E(I,2))
```

```
     *                    -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*(DL2/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,NVA)=H(I,2)*A(I)
      ELSE
      DL1=DL2-L(I,NL(I))
      DL2=L(I,NL(I))
      IF(DL1.GE.DL2) THEN
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +H(I,2)*A(I)*(TVO-T(I,M))
     *           +E(I,2)*A(I)*(VJ(I)-SB*T(I,M)**4.)/(1.-E(I,2))
     *           -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*((DL1-DL2)/2.)
     *           +DEN(I,J)*C(I,J)*DL2)*A(I)*(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-H(I,2)*A(I)
     *                  -4.*E(I,2)*A(I)*SB*T(I,M)**3./(1.-E(I,2))
     *                  -(DEN(I,J-1)*C(I,J-1)*((DL1-DL2)/2.)
     *                  +DEN(I,J)*C(I,J)*DL2)*A(I)/DTI
      AT(MSUM+M,NVA)=H(I,2)*A(I)
      ELSE
      FT(MSUM+M)=A(I)*(T(I,M-1)-T(I,M))/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
     *           +H(I,2)*A(I)*(TVO-T(I,M))
     *           +E(I,2)*A(I)*(VJ(I)-SB*T(I,M)**4.)/(1.-E(I,2))
     *           -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL1+DL2)/2.)
     *           *(T(I,M)-TP(I,M))/DTI
      AT(MSUM+M,MSUM+M-1)=A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))
      AT(MSUM+M,MSUM+M)=-A(I)/(DL1/K(I,J-1)+DL2/K(I,J))-H(I,2)*A(I)
     *                  -4.*E(I,2)*A(I)*SB*T(I,M)**3./(1.-E(I,2))
     *                  -DEN(I,J)*C(I,J)*A(I)*((DL1+DL2)/2.)/DTI
      AT(MSUM+M,NVA)=H(I,2)*A(I)
      END IF
      END IF
      MSUM=MSUM+M
  100 CONTINUE
C     ------------------------------------------------------------------
      SUMVEN=0.
      DO 400 I=1,6
      SUMVEN=SUMVEN+H(I,2)*A(I)*(T(I,MT(I))-TVO)
  400 CONTINUE
      MSUM=MSUM+1
      FT(MSUM)=SUMVEN+VM*CAV*(TA-TVO)-RM*CAR*(TVO-TVOP)/DTI
      ISUM=0
      SUMAT=0.
      DO 500 I=1,6
      ISUM=ISUM+MT(I)
      AT(MSUM,ISUM)=H(I,2)*A(I)
      SUMAT=SUMAT-H(I,2)*A(I)
  500 CONTINUE
      AT(MSUM,MSUM)=SUMAT-VM*CAV-RM*CAR/DTI
      IF(MSUM.NE.NVA) WRITE(8,*) 'MSUM NOT EQUAL NVA,MSUM=',MSUM
      DO 600 I=1,NVA
      BT(I)=FT(I)
  600 CONTINUE
      CALL GAUSS1(NVA)
      RETURN
      END
C     |----------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND VM AND RM VALUE)                              |
C     |----------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE AIRMAS
      DIMENSION T(6,100),TP(6,100)
      COMMON /LC8/TA,TR,VM,RM,VMDUM,RMDUM
     *       /LC9/T,TP,TVO,TVOP/LC12/CAV,CAR
      DO 100 I=1,2
      IF(I.EQ.1) THEN
      TEMP=TA
      ELSE
      TEMP=TVO
      END IF
      IF(TEMP.GT.350.) THEN
      DENAIR=0.9950-0.1239*(TEMP-350.)/50.
      CAIR=1009.+5.*(TEMP-350.)/50.
      ELSE
      IF(TEMP.GT.300.) THEN
      DENAIR=1.1614-0.1664*(TEMP-300.)/50.
      CAIR=1007.+2.*(TEMP-300.)/50.
      ELSE
      IF(TEMP.GT.250.) THEN
      DENAIR=1.3947-0.2333*(TEMP-250.)/50.
      CAIR=1006.+1.*(TEMP-250.)/50.
      ELSE
      DENAIR=1.7458-0.3511*(TEMP-200.)/50.
      CAIR=1007.-1.*(TEMP-200.)/50.
```

```
      END IF
      END IF
      END IF
      IF(I.EQ.1) THEN
      DENV=DENAIR
      CAV=CAIR
      ELSE
      DENR=DENAIR
      CAR=CAIR
      END IF
100   CONTINUE
      VM=DENV*VMDUM
      RM=DENR*RMDUM
      CAV=(CAV+CAR)/2.
      RETURN
      END
C     |-----------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND VJ VALUE)                                      |
C     |-----------------------------------------------------------------|
C     | VJ: RADIOSITY                                                   |
C     |-----------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE JVALUE
      DIMENSION NL(6),L(6,10),K(6,10),DEN(6,10),C(6,10),RE(6),H(6,2),
     *          E(6,2),A(6),F(6,6),MT(6),T(6,100),TP(6,100),
     *          VJ(6),AJ(6,6),BJ(6)
      REAL L,K
      COMMON /LC3/NL,L,K,DEN,C,RE,H,E,DL,DTI/LC4/A,F
     *       /LC7/MT,NVA/LC9/T,TP,TVO,TVOP/LC13/VJ/LC15/AJ,BJ
      SB=5.67/10.**8.
      DO 100 I=1,6
      DO 200 J=1,6
      IF(J.NE.I) AJ(I,J)=-(1.-E(I,2))*F(I,J)
200   CONTINUE
      AJ(I,I)=1.
      BJ(I)=E(I,2)*SB*T(I,MT(I))**4.
100   CONTINUE
      CALL GAUSS2(6)
      RETURN
      END
C     |-----------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (GAUSS ELIMINATION)                                  |
C     |-----------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE GAUSS1(N)
      DIMENSION A(600,600),B(600),X(600)
      COMMON /LC11/X/LC14/A,B
      CALL SCALE1(N)
      DO 100 I=1,N-1
      CALL PIVOT1(N,I)
      DO 200 J=I+1,N
      RATIO=A(J,I)/A(I,I)
      DO 300 K=I+1,N
      A(J,I)=0.
      A(J,K)=A(J,K)-A(I,K)*RATIO
300   CONTINUE
      B(J)=B(J)-B(I)*RATIO
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      X(N)=B(N)/A(N,N)
      DO 400 L=N-1,1,-1
      SUM=0.
      DO 500 M=L+1,N
      SUM=SUM+A(L,M)*X(M)
500   CONTINUE
      X(L)=(B(L)-SUM)/A(L,L)
400   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-----------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM SCALING FOR GAUSS ELIMINATION)              |
C     |-----------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SCALE1(N)
      DIMENSION A(600,600),B(600)
      COMMON /LC14/A,B
      DO 100 I=1,N
      AMAX=ABS(A(I,1))
      DO 200 J=2,N
      AOTH=ABS(A(I,J))
      IF(AOTH.GT.AMAX) AMAX=AOTH
200   CONTINUE
      DO 300 M=1,N
      A(I,M)=A(I,M)/AMAX
```

```
300   CONTINUE
      B(I)=B(I)/AMAX
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM PARTIAL PIVOTING FOR GAUSS ELIMINATION) |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE PIVOT1(N,I)
      DIMENSION A(600,600),B(600)
      COMMON /LC14/A,B
      J=I
      AMAX=ABS(A(I,I))
      DO 100 K=I+1,N
      AOTH=ABS(A(K,I))
      IF(AOTH.GT.AMAX) THEN
      AMAX=AOTH
      J=K
      END IF
100   CONTINUE
      IF(J.NE.I) THEN
      DO 200 L=I,N
      DUMY=A(J,L)
      A(J,L)=A(I,L)
      A(I,L)=DUMY
200   CONTINUE
      DUMY=B(J)
      B(J)=B(I)
      B(I)=DUMY
      END IF
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (GAUSS ELIMINATION)                              |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE GAUSS2(N)
      DIMENSION A(6,6),B(6),X(6)
      COMMON /LC13/X/LC15/A,B
      CALL SCALE2(N)
      DO 100 I=1,N-1
      CALL PIVOT2(N,I)
      DO 200 J=I+1,N
      RATIO=A(J,I)/A(I,I)
      DO 300 K=I+1,N
      A(J,I)=0.
      A(J,K)=A(J,K)-A(I,K)*RATIO
300   CONTINUE
      B(J)=B(J)-B(I)*RATIO
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      X(N)=B(N)/A(N,N)
      DO 400 L=N-1,1,-1
      SUM=0.
      DO 500 M=L+1,N
      SUM=SUM+A(L,M)*X(M)
500   CONTINUE
      X(L)=(B(L)-SUM)/A(L,L)
400   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM SCALING FOR GAUSS ELIMINATION)          |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SCALE2(N)
      DIMENSION A(6,6),B(6)
      COMMON /LC15/A,B
      DO 100 I=1,N
      AMAX=ABS(A(I,1))
      DO 200 J=2,N
      AOTH=ABS(A(I,J))
      IF(AOTH.GT.AMAX) AMAX=AOTH
200   CONTINUE
      DO 300 M=1,N
      A(I,M)=A(I,M)/AMAX
300   CONTINUE
      B(I)=B(I)/AMAX
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM PARTIAL PIVOTING FOR GAUSS ELIMINATION) |
```

```
C     |-----------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE PIVOT2(N,I)
      DIMENSION A(6,6),B(6)
      COMMON /LC15/A,B
      J=I
      AMAX=ABS(A(I,I))
      DO 100 K=I+1,N
      AOTH=ABS(A(K,I))
      IF(AOTH.GT.AMAX) THEN
      AMAX=AOTH
      J=K
      END IF
100   CONTINUE
      IF(J.NE.I) THEN
      DO 200 L=I,N
      DUMY=A(J,L)
      A(J,L)=A(I,L)
      A(I,L)=DUMY
200   CONTINUE
      DUMY=B(J)
      B(J)=B(I)
      B(I)=DUMY
      END IF
      RETURN
      END
```

ตัวอย่างรายละเอียดของไฟล์ข้อมูลดิบของโปรแกรม PRO1F

```
<INPUT DATA FOR CALCUTATE HEAT TRANSFER THROUGH
 FLAT ROOF SYSTEM
>
<ROOF DIMENSION (m.)
 W1,W2,W3
>
10,0.5,20
<LOCATION OF ROOF (degree.minute)
 LA,LL,LS
>
13.40,100.37,90
<ANGLE OF AXIS OF ROOF,AX (degree.minute)
>
0
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 1
 NL(1)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 1
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
.1
1.310
2243
879
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 2
 NL(2)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 2
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.1
1.310
2243
879
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 3
 NL(3)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 3
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.1
1.310
2243
879
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 4
 NL(4)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 4
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.1
1.310
2243
879
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 5
 NL(5)
>
1
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 5
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
```

```
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.15
1.298
2243
921
<NUMBER OF MATERIAL LAYER OF ROOF,SIDE 6
 NL(6)
>
2
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 6
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.01,0.05
0.10,0.045
801,16
1089,837
<REFLECTIVITY,RE(I)
>
0.4,0.4,0.4,0.4,0.4,0.4
<CONVECTION HEAT TRANSFER COEFFICIENT (W/sq.m.)
 H(I,1)
 H(I,2)
>
20,20,20,20,20,20
10,10,10,10,10,10
<EMISSIVITY
 E(I,1)
 E(I,2)
>
0.88,0.88,0.88,0.88,0.88,0.91
0.88,0.88,0.88,0.88,0.88,0.07
<DISTANT BETWEEN NODE,DL (m.)
>
0.049
<STEP TIME,DTI (sec.)
>
1800
<ROOM TEMPERATURE,TR (C)
>
25
<VENTILATION VOLUME,VMT (cu.m./sec.)
>
0
<DURATION TIME (dd,mm)
 SDD,SMM
 FDD,FMM
>
1,6
1,6
<GLOBAL RADIATION,GIT(I,J) (W/sq.m.)
>
0,0,0,0,2.78,5.56,158.3,397.22,611.11,850,961.11,1025,1019.44,961.11,813.88,655.55,32
4.44,210.56,50,0,0,0,0,0
<DIFFUSE RADIATION,DIT(I,J) (W/sq.m.)
>
0,0,0,0,0,0,19.44,63.89,119.44,161.11,183.33,213.89,219.44,211.11,169.44,138.89,86.11
,38.88,5.56,0,0,0,0,0
<AMBIENT TEMPERATURE (C)
>
27,26.9,26.8,26.8,26.7,26.9,27.4,28.4,30.1,31.5,32.4,33.5,34.8,35.3,35,33.5,32.5,31.3
,30.9,30.6,30.5,30.3,29.7,30.5
```

ตัวอย่างรายละเอียดของไฟล์แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม PRO1F

```
OUTPUT DATA OF PROGRAM CALCULATE HEAT TRANSFER
THROUGH FLAT ROOF SYSTEM
-RATE OF HEAT TRANSFER
QHT(152, 1)=  0.1054E+01 W/m²
QHT(152, 2)=  0.1195E+01 W/m²
QHT(152, 3)=  0.1157E+01 W/m²
QHT(152, 4)=  0.1085E+01 W/m²
QHT(152, 5)=  0.1026E+01 W/m²
QHT(152, 6)=  0.1083E+01 W/m²
QHT(152, 7)=  0.1096E+01 W/m²
QHT(152, 8)=  0.1113E+01 W/m²
QHT(152, 9)=  0.1558E+01 W/m²
QHT(152,10)=  0.2342E+01 W/m²
QHT(152,11)=  0.3452E+01 W/m²
QHT(152,12)=  0.4763E+01 W/m²
QHT(152,13)=  0.6172E+01 W/m²
QHT(152,14)=  0.7578E+01 W/m²
QHT(152,15)=  0.8846E+01 W/m²
QHT(152,16)=  0.9873E+01 W/m²
QHT(152,17)=  0.9073E+01 W/m²
QHT(152,18)=  0.8594E+01 W/m²
QHT(152,19)=  0.5804E+01 W/m²
QHT(152,20)=  0.3857E+01 W/m²
QHT(152,21)=  0.3346E+01 W/m²
QHT(152,22)=  0.2615E+01 W/m²
QHT(152,23)=  0.2193E+01 W/m²
QHT(152,24)=  0.1605E+01 W/m²
```

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดโปรแกรม PRO1TN

รายละเอียดของโปรแกรม PRO1TN

```
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | PROGRAM-1TN (HEAT TRANSFER THROUGH TRIANGLE ROOF SYSTEM     |
C     |             ON TRANSIENT CONDITION AND THERE IS NOT CEILING)|
C     |-------------------------------------------------------------|
C     |   L : THICKNESS OF ROOF                                     |
C     |   K : THERMAL CONDUCTIVITY                                  |
C     | DEN : DENSITY OF MATERIAL                                   |
C     |   C : SPECIFIC HEAT                                         |
C     |  RE : REFLECTIVITY                                          |
C     |   H : CONVECTION HEAT TRANSFER COEFFICIENT                  |
C     |   E : EMISSIVITY                                            |
C     |   A : AREA                                                  |
C     |  GS : SOLAR RADIATION INTENSITY                             |
C     |   T : TEMPERATURE OF ROOF                                   |
C     |  TA : AMBIENT TEMPERATURE                                   |
C     |  TR : ROOM TEMPERATURE                                      |
C     |-------------------------------------------------------------|
      DIMENSION L(4),K(4),DEN(4),C(4),RE(4),H(4,2),E(4),A(4),GS(4),
     *          T(4,2),TP(4,2),IGT(365,24),IDT(365,24),TAT(365,24),
     *          TAK(365,24),TT(365,24,4,2),QHT(365,24),QDT(365)
      REAL LA,LL,LS,IG,ID,L,K,IGT,IDT
      INTEGER DD,SDD,SMM,FDD,FMM
      COMMON Z/LC1/W1,W2,W3,W4/LC2/LA,LL,LS,AX
     *       /LC3/L,K,DEN,C,RE,H,E,DTI/LC4/A/LC5/ST,ND,IG,ID
     *       /LC6/GS/LC7/TA,TR/LC8/T,TP
      OPEN(7,FILE='IN1TN.DAT')
      OPEN(8,FILE='OUT1TN.DAT')
      CALL COMMEND()
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) W1,W2,W3,W4
      IF((W2.LE.0.).OR.(W3.LE.0.).OR.(W4.LE.0.).OR.(W2+W3.LE.W1)) THEN
      WRITE(*,*) 'DIMENSION OF ROOF ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) LA,LL,LS
      IF((ABS(LA).GT.90.).OR.(ABS(LL).GT.180.)
     *  .OR.(ABS(LS).GT.180.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF LA,LL,LS ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) AX
      IF(ABS(AX).GT.90.) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF AX IS INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(1)
      READ(7,*) K(1)
      READ(7,*) DEN(1)
      READ(7,*) C(1)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(2)
      READ(7,*) K(2)
      READ(7,*) DEN(2)
      READ(7,*) C(2)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(3)
      READ(7,*) K(3)
      READ(7,*) DEN(3)
      READ(7,*) C(3)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(4)
      READ(7,*) K(4)
      READ(7,*) DEN(4)
      READ(7,*) C(4)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (RE(I),I=1,4)
      DO 2 I=1,4
      IF((RE(I).LE.0.).OR.(RE(I).GE.1.)) THEN
```

```
      WRITE(*,*) 'VALUE OF RE ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
2     CONTINUE
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (H(I,1),I=1,4)
      READ(7,*) (H(I,2),I=1,4)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (E(I),I=1,4)
      DO 3 I=1,4
      IF((E(I).LE.0.).OR.(E(I).GE.1.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF E ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
3     CONTINUE
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) DTI
      IF((DTI.LE.0.).OR.(DTI.GE.3600.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF DTI IS INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) TRT
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) SDD,SMM
      READ(7,*) FDD,FMM
      IF(((SMM.EQ.FMM).AND.(SDD.GT.FDD)).OR.(SMM.GT.FMM)) THEN
      WRITE(*,5)
5     FORMAT(1X,'SHOULD CHANGE NEW STARTING AND FINISHING DAY'/,
     *       1X,'STARTING DAY SHALL BE BEFORE FINISHING DAY')
      GO TO 25
      END IF
      DO 90 I=1,2
      IF(I.EQ.1) THEN
      DD=SDD
      MM=SMM
      ELSE
      DD=FDD
      MM=FMM
      END IF
      IF(MM.EQ.1) ND=DD
      IF(MM.EQ.2) ND=31+DD
      IF(MM.EQ.3) ND=59+DD
      IF(MM.EQ.4) ND=90+DD
      IF(MM.EQ.5) ND=120+DD
      IF(MM.EQ.6) ND=151+DD
      IF(MM.EQ.7) ND=181+DD
      IF(MM.EQ.8) ND=212+DD
      IF(MM.EQ.9) ND=243+DD
      IF(MM.EQ.10) ND=273+DD
      IF(MM.EQ.11) ND=304+DD
      IF(MM.EQ.12) ND=334+DD
      IF(I.EQ.1) THEN
      NSD=ND
      ELSE
      NFD=ND
      END IF
90    CONTINUE
      NDT=NFD-NSD+1
      CALL COMMEND()
      DO 10 I=1,NDT
      READ(7,*) (IGT(I,J),J=1,24)
10    CONTINUE
      CALL COMMEND()
      DO 20 I=1,NDT
      READ(7,*) (IDT(I,J),J=1,24)
20    CONTINUE
      CALL COMMEND()
      DO 30 I=1,NDT
      READ(7,*) (TAT(I,J),J=1,24)
30    CONTINUE
      WRITE(*,*) 'READ O.K.'
      CALL AREA
      DO 120 I=1,NDT
      DO 130 J=1,24
      TAK(I,J)=TAT(I,J)+273.15
130   CONTINUE
120   CONTINUE
      TRK=TRT+273.15
      DO 300 I=1,4
      DO 400 J=1,2
```

```
      IF(J.EQ.2) THEN
      TP(I,J)=TRK
      ELSE
      TP(I,J)=TAK(1,1)
      END IF
400   CONTINUE
300   CONTINUE
      ND=NSD-1
      LO=3600./DTI
      NLO=LO
      IF(LO.GT.NLO) NLO=NLO+1
      QT=0.
      DO 500 I=1,NDT
      ND=ND+1
      QD=0.
      DO 600 J=1,24
      SUMDTI=0.
      QH=0.
      DO 700 IK=1,NLO
      IF(IK.EQ.NLO) THEN
      DTIDUM=DTI
      DTI=3600.-SUMDTI
      END IF
      SUMDTI=SUMDTI+DTI
      IF((I.EQ.1).AND.(J.EQ.1)) THEN
      IG=IGT(1,1)
      ID=IDT(1,1)
      TA=TAK(1,1)
      ELSE
      IF(J.EQ.1) THEN
      IG=(IGT(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+IGT(I,1)*SUMDTI)/3600.
      ID=(IDT(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+IDT(I,1)*SUMDTI)/3600.
      TA=(TAK(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+TAK(I,1)*SUMDTI)/3600.
      ELSE
      IG=(IGT(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+IGT(I,J)*SUMDTI)/3600.
      ID=(IDT(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+IDT(I,J)*SUMDTI)/3600.
      TA=(TAK(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+TAK(I,J)*SUMDTI)/3600.
      END IF
      END IF
      TR=TRK
      ST=J-1.+SUMDTI/3600.
      CALL SOLAR
      CALL NEWRAP
      IF(Z.EQ.0.) GO TO 800
      QDTI=0.
      DO 850 IA=1,4
      QDTI=QDTI+H(IA,2)*A(IA)*(T(IA,2)-TR)*DTI
850   CONTINUE
      DO 900 IL=1,4
      DO 1000 IM=1,2
      TP(IL,IM)=T(IL,IM)
1000  CONTINUE
900   CONTINUE
      QH=QH+QDTI
      IF(IK.EQ.NLO) DTI=DTIDUM
700   CONTINUE
      DO 1100 IN=1,4
      TT(I,J,IN,1)=T(IN,1)-273.15
      TT(I,J,IN,2)=T(IN,2)-273.15
1100  CONTINUE
      QHT(I,J)=QH
      QD=QD+QH
600   CONTINUE
      QDT(I)=QD
      QT=QT+QD
500   CONTINUE
      WRITE(8,1200)
1200  FORMAT(1X,'OUTPUT DATA OF PROGRAM CALCULATE HEAT TRANSFER' /,
     *     1X,'THROUGH TRIANGLE ROOF SYSTEM ')
      ND=NSD-1
      DO 1300 I=1,NDT
      ND=ND+1
      WRITE(8,2000)
2000  FORMAT(1X,'-RATE OF HEAT TRANSFER PER HOUR')
      DO 1400 J=1,24
      WRITE(8,2100) ND,J,QHT(I,J)
2100  FORMAT(1X,'QHT(',I3,',',I2,')=',E12.4,1X,'J/HR.')
1400  CONTINUE
      WRITE(8,2200)
2200  FORMAT(1X,'-RATE OF HEAT TRANSFER PER DAY')
      WRITE(8,2300) ND,QDT(I)
```

```
2300  FORMAT(1X,'QDT(',I3,')=',E12.4,1X,'J/DAY')
1300  CONTINUE
      WRITE(8,1850) QT
1850  FORMAT(1X,'-TOTAL HEAT TRANSFER THROUGH ROOF SYSTEM'/,
     *       1X,'=',E12.4,1X,'J')
25    STOP
800   WRITE(8,1900)
1900  FORMAT(1X,'TEMPERATURES ARE DIVERGE')
      STOP
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (ELIMINATE THE COMMENT ON THE INPUT FILE.        |
C     |             "<" AS A BEGINING SIGN OF COMMENT AND ">"       |
C     |             AS THE END.)                                    |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE COMMEND ()
      CHARACTER FIRST
100   READ(7,'(A)') FIRST
      IF(FIRST.EQ.' ') GO TO 100
      IF(FIRST.NE.'<') WRITE(*,*) 'INPUT ERROR'
200   READ(7,'(A)') FIRST
      IF(FIRST.NE.'>') GO TO 200
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND ROOF AREA )                                |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | W1,W2,W3,W4 : DIMENSION OF ROOF                             |
C     |           A : AREA                                          |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE AREA
      DIMENSION A(4)
      COMMON /LC1/W1,W2,W3,W4/LC4/A
      A(1)=(1./2.)*W1*
     *     SQRT(W2*W2-((W1*W1+W2*W2-W3*W3)/(2.*W1))**2.)
      A(2)=W2*W4
      A(3)=A(1)
      A(4)=W3*W4
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (SOLAR INTENSITY)                                |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     |  AA : SURFACE AZIMUTH ANGLE                                 |
C     |  AX : AXIS ANGLE                                            |
C     |  CO : VALUE OF COSINE OF INCIDENCE ANGLE                    |
C     | COZ : VALUE OF COSINE OF ZENITH ANGLE                       |
C     |  DE : DECLINATION                                           |
C     |   E : EQUATON OF TIME CORRECTION                            |
C     |  GS : SOLAR RADIATION INTENSITY                             |
C     |  HA : HOUR ANGLE                                            |
C     |  IB : BEAM RADIATION INTENSITY                              |
C     |  ID : DIFFUSE RADIATION INTENSITY                           |
C     |  IG : GOBAL RADIATION INTENSITY                             |
C     |  LA : LATITUDE                                              |
C     |  LL : LONGITUDE OF LOCAL                                    |
C     |  LS : LONGITUDE OF STANDARD TIME                            |
C     |  ND : NUMBER OF DAY IN THE YEAR                             |
C     |  RB : BEAM RADIATION FACTOR                                 |
C     |  RD : DIFFUSE RADIATION FACTOR                              |
C     |  RE : REFLECTED RADIATION FACTOR                            |
C     |  SL : SLOPE                                                 |
C     |  ST : STANDARD TIME                                         |
C     |  SOT: SOLAR TIME                                            |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SOLAR
      DIMENSION GS(4),AA(4),SL(4)
      REAL LA,LL,LS,IG,ID
      COMMON /LC1/W1,W2,W3,W4/LC2/LA,LL,LS,AX,/LC5/ST,ND,IG,ID,/LC6/GS
      PI=2.*ASIN(1.)
      RA=PI/180.
      DG=180./PI
      ILA=LA
      DEC=LA-ILA
      LA=ILA+DEC/0.60
      LA=LA*RA
      DE=23.45*SIN(360.*(284.+ND)*RA/365.)*RA
      IAX=AX
      DEC=AX-IAX
      AX=IAX+DEC/0.60
      AA(1)=AX-90.
```

```
      AA(2)=AA(1)+90.
      AA(3)=AA(1)+180.
      AA(4)=AA(1)+270.
      AA(1)=AA(1)*RA
      AA(2)=AA(2)*RA
      AA(3)=AA(3)*RA
      AA(4)=AA(4)*RA
      B=360.*(ND-1.)*RA/365.
      E=229.2*(0.000075+0.001868*COS(B)-0.032077*SIN(B)
     *  -0.014615*COS(2.*B)-0.04089*SIN(2.*B))
      ILL=LL
      DEC=LL-ILL
      LL=ILL+DEC/0.60
      ILS=LS
      DEC=LS-ILS
      LS=ILS+DEC/0.60
      SOT=ST+(4.*(LL-LS)+E)/60.
      HA=(SOT-12.)*15.*RA
      SL(1)=ASIN(1.)
      SL(2)=ACOS((W1*W1+W2*W2-W3*W3)/(2.*W1*W2))
      SL(3)=ASIN(1.)
      SL(4)=ACOS((W1*W1+W3*W3-W2*W2)/(2.*W1*W3))
      DO 100 I=1,4
      AAI=AA(I)
      CO=SIN(DE)*SIN(LA)*COS(SL(I))
     *   -SIN(DE)*COS(LA)*SIN(SL(I))*COS(AAI)
     *   +COS(DE)*COS(LA)*COS(SL(I))*COS(HA)
     *   +COS(DE)*SIN(LA)*SIN(SL(I))*COS(AAI)*COS(HA)
     *   +COS(DE)*SIN(SL(I))*SIN(AAI)*SIN(HA)
      IF(CO.LT.0.) CO=0.
      COZ=SIN(DE)*SIN(LA)+COS(DE)*COS(LA)*COS(HA)
      IB=IG-ID
      RB=CO/COZ
      IF(RB.LT.0.) RB=RB*(-1.)
      RD=(1.+COS(SL(I)))/2.
      RR=0.2*(1.-COS(SL(I)))/2.
      GS(I)=IB*RB+ID*RD+(IB+ID)*RR
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-----------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (NEWTON-RAPHSON METHOD)                        |
C     |-----------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE NEWRAP
      DIMENSION L(4),K(4),DEN(4),C(4),RE(4),H(4,2),E(4),A(4),GS(4),
     *          T(4,2),TP(4,2),FT(8),DT(8)
      REAL L,K
      COMMON Z/LC3/L,K,DEN,C,RE,H,E,DTI/LC4/A/LC6/GS
     *       /LC7/TA,TR/LC8/T,TP/LC9/FT/LC10/DT
      DO 100 I=1,4
      DO 200 J=1,2
      T(I,J)=TP(I,J)
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      Z=0.
      ZZ=0.
      DO 300 I=1,100
      CALL FTATDT
      DO 600 IK=1,8
      IF(ABS(DT(IK)).GT.0.001) GO TO 700
600   CONTINUE
      ZZ=ZZ+1.
      IF(ZZ.LT.2.) GO TO 700
      RETURN
700   ISUM=0
      DO 800 IL=1,4
      DO 900 IM=1,2
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'T(',IL,',',IM,')=',T(IL,IM),'K'
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'DT=',DT(ISUM+IM)
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'FT=',FT(ISUM+IM)
      T(IL,IM)=T(IL,IM)-DT(ISUM+IM)
900   CONTINUE
      ISUM=ISUM+2
800   CONTINUE
      IF(I.EQ.100) THEN
      Z=0.
      ELSE
      Z=I
      END IF
300   CONTINUE
      RETURN
```

```
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND FT,AT AND DT VALUE)                        |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE FTATDT
      DIMENSION L(4),K(4),DEN(4),C(4),RE(4),H(4,2),E(4),A(4),GS(4),
     *          T(4,2),TP(4,2),FT(8),DT(8),AT(8,8),BT(8)
      REAL L,K
      COMMON /LC3/L,K,DEN,C,RE,H,E,DTI/LC4/A/LC6/GS
     *       /LC7/TA,TR/LC8/T,TP/LC9/FT/LC10/DT/LC11/AT,BT
      TS=TA-6.
      SB=5.67/10.**8.
      DO 10 I=1,8
      DO 20 J=1,8
      AT(I,J)=0.
20    CONTINUE
10    CONTINUE
      MSUM=0
      DO 100 I=1,4
      FT(MSUM+1)=(1.-RE(I))*A(I)*GS(I)
     *           +K(I)*A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/L(I)
     *           +H(I,1)*A(I)*(TA-T(I,1))
     *           +E(I)*A(I)*SB*(TS**4.-T(I,1)**4.)
     *           -DEN(I)*C(I)*A(I)*(L(I)/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-K(I)*A(I)/L(I)-H(I,1)*A(I)
     *                  -4.*E(I)*A(I)*SB*T(I,1)**3.
     *                  -DEN(I)*C(I)*A(I)*(L(I)/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=K(I)*A(I)/L(I)
      FT(MSUM+2)=K(I)*A(I)*(T(I,1)-T(I,2))/L(I)
     *           +H(I,2)*A(I)*(TR-T(I,2))
     *           -DEN(I)*C(I)*A(I)*(L(I)/2.)*(T(I,2)-TP(I,2))/DTI
      AT(MSUM+2,MSUM+1)=K(I)*A(I)/L(I)
      AT(MSUM+2,MSUM+2)=-K(I)*A(I)/L(I)-H(I,2)*A(I)
     *                  -DEN(I)*C(I)*A(I)*(L(I)/2.)/DTI
      MSUM=MSUM+2
100   CONTINUE
      DO 200 I=1,8
      BT(I)=FT(I)
200   CONTINUE
      CALL GAUSS(8)
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (GAUSS ELIMINATION)                              |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE GAUSS(N)
      DIMENSION A(8,8),B(8),X(8)
      COMMON /LC10/X/LC11/A,B
      CALL SCALE(N)
      DO 100 I=1,N-1
      CALL PIVOT(N,I)
      DO 200 J=I+1,N
      RATIO=A(J,I)/A(I,I)
      DO 300 K=I+1,N
      A(J,I)=0.
      A(J,K)=A(J,K)-A(I,K)*RATIO
300   CONTINUE
      B(J)=B(J)-B(I)*RATIO
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      X(N)=B(N)/A(N,N)
      DO 400 L=N-1,1,-1
      SUM=0.
      DO 500 M=L+1,N
      SUM=SUM+A(L,M)*X(M)
500   CONTINUE
      X(L)=(B(L)-SUM)/A(L,L)
400   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM SCALING FOR GAUSS ELIMINATION)          |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SCALE(N)
      DIMENSION A(8,8),B(8)
      COMMON /LC11/A,B
      DO 100 I=1,N
      AMAX=ABS(A(I,1))
      DO 200 J=2,N
      AOTH=ABS(A(I,J))
      IF(AOTH.GT.AMAX) AMAX=AOTH
```

```
200   CONTINUE
      DO 300 M=1,N
      A(I,M)=A(I,M)/AMAX
300   CONTINUE
      B(I)=B(I)/AMAX
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-----------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM PARTIAL PIVOTING FOR GAUSS ELIMINATION)  |
C     |-----------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE PIVOT(N,I)
      DIMENSION A(8,8),B(8)
      COMMON /LC11/A,B
      J=I
      AMAX=ABS(A(I,I))
      DO 100 K=I+1,N
      AOTH=ABS(A(K,I))
      IF(AOTH.GT.AMAX) THEN
      AMAX=AOTH
      J=K
      END IF
100   CONTINUE
      IF(J.NE.I) THEN
      DO 200 L=I,N
      DUMY=A(J,L)
      A(J,L)=A(I,L)
      A(I,L)=DUMY
200   CONTINUE
      DUMY=B(J)
      B(J)=B(I)
      B(I)=DUMY
      END IF
      RETURN
      END
```

ตัวอย่างรายละเอียดของไฟล์ข้อมูลดิบของโปรแกรม PRO1TN

```
<INPUT DATA FOR CALCUTATE HEAT TRANSFER THROUGH
 TRIANGLE ROOF SYSTEM
>
<ROOF DIMENSION (m.)
 W1,W2,W3,W4
>
10,5.77,5.77,20
<LOCATION OF ROOF (degree.minute)
 LA,LL,LS
>
13.40,100.37,90
<ANGLE OF AXIS OF ROOF,AX (degree.minute)
>
0
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 1
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
.01
8.248
1922
1005
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 2
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.01
8.248
1922
1005
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 3
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.01
8.248
1922
1005
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 4
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.01
8.248
1922
1005
<REFLECTIVITY,RE(I)
>
0.4,0.4,0.4,0.4
<CONVECTION HEAT TRANSFER COEFFICIENT (W/sq.m.)
 H(I,1)
 H(I,2)
>
20,20,20,20
10,10,10,10
<EMISSIVITY,E(I)
>
0.88,0.88,0.88,0.88
<STEP TIME,DTI (sec.)
>
1800
<ROOM TEMPERATURE,TR (C)
>
25
<DURATION TIME (dd,mm)
 SDD,SMM
 FDD,FMM
>
1,6
1,6
```

```
<GLOBAL RADIATION,GIT(I,J) (W/sq.m.)
>
0,0,0,0,2.78,5.56,158.3,397.22,611.11,850,961.11,1025,1019.44,961.11,813.88,655.55,32
4.44,210.56,50,0,0,0,0,0
<DIFFUSE RADIATION,DIT(I,J) (W/sq.m.)
>
0,0,0,0,0,0,19.44,63.89,119.44,161.11,183.33,213.89,219.44,211.11,169.44,138.89,86.11
,38.88,5.56,0,0,0,0,0
<AMBIENT TEMPERATURE (C)
>
27,26.9,26.8,26.8,26.7,26.9,27.4,28.4,30.1,31.5,32.4,33.5,34.8,35.3,35,33.5,32.5,31.3
,30.9,30.6,30.5,30.3,29.7,30.5
```

ตัวอย่างรายละเอียดของไฟล์แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม PRO1TN

```
OUTPUT DATA OF PROGRAM CALCULATE HEAT TRANSFER
 THROUGH TRIANGLE ROOF SYSTEM
 -RATE OF HEAT TRANSFER
 QHT(152, 1)=  0.4215E+01 W/m2
 QHT(152, 2)=  0.4456E+01 W/m2
 QHT(152, 3)=  0.4512E+01 W/m2
 QHT(152, 4)=  0.4662E+01 W/m2
 QHT(152, 5)=  0.4815E+01 W/m2
 QHT(152, 6)=  0.5224E+01 W/m2
 QHT(152, 7)=  0.2485E+02 W/m2
 QHT(152, 8)=  0.6385E+02 W/m2
 QHT(152, 9)=  0.1087E+03 W/m2
 QHT(152,10)=  0.1545E+03 W/m2
 QHT(152,11)=  0.1854E+03 W/m2
 QHT(152,12)=  0.2073E+03 W/m2
 QHT(152,13)=  0.2228E+03 W/m2
 QHT(152,14)=  0.2268E+03 W/m2
 QHT(152,15)=  0.2142E+03 W/m2
 QHT(152,16)=  0.1942E+03 W/m2
 QHT(152,17)=  0.2241E+03 W/m2
 QHT(152,18)=  0.7425E+02 W/m2
 QHT(152,19)=  0.4484E+02 W/m2
 QHT(152,20)=  0.3651E+02 W/m2
 QHT(152,21)=  0.3425E+02 W/m2
 QHT(152,22)=  0.3288E+02 W/m2
 QHT(152,23)=  0.2934E+02 W/m2
 QHT(152,24)=  0.2429E+02 W/m2
```

ภาคผนวก ง.

โปรแกรม PRO1FN

รายละเอียดของโปรแกรม PRO1FN

```
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | PROGRAM-1FN (HEAT TRANSFER THROUGH FLAT ROOF SYSTEM         |
C     |              ON TRANSIENT CONDITION AND THERE IS NOT CEILING)|
C     |-------------------------------------------------------------|
C     |    L : THICKNESS OF ROOF                                    |
C     |    K : THERMAL CONDUCTIVITY                                 |
C     |  DEN : DENSITY OF MATERIAL                                  |
C     |    C : SPECIFIC HEAT                                        |
C     |   RE : REFLECTIVITY                                         |
C     |    H : CONVECTION HEAT TRANSFER COEFFICIENT                 |
C     |    E : EMISSIVITY                                           |
C     |    A : AREA                                                 |
C     |   GS : SOLAR RADIATION INTENSITY                            |
C     |    T : TEMPERATURE OF ROOF                                  |
C     |   TA : AMBIENT TEMPERATURE                                  |
C     |   TR : ROOM TEMPERATURE                                     |
C     |-------------------------------------------------------------|
      DIMENSION L(5),K(5),DEN(5),C(5),RE(5),H(5,2),E(5),A(5),GS(5),
     *          T(5,2),TP(5,2),IGT(365,24),IDT(365,24),TAT(365,24),
     *          TAK(365,24),TT(365,24,5,2),QHT(365,24),QDT(365)
      REAL LA,LL,LS,IG,ID,L,K,IGT,IDT
      INTEGER DD,SDD,SMM,FDD,FMM
      COMMON Z/LC1/W1,W2,W3/LC2/LA,LL,LS,AX
     *       /LC3/L,K,DEN,C,RE,H,E,DTI/LC4/A/LC5/ST,ND,IG,ID
     *       /LC6/GS/LC7/TA,TR/LC8/T,TP
      OPEN(7,FILE='IN1FN.DAT')
      OPEN(8,FILE='OUT1FN.DAT')
      CALL COMMEND()
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) W1,W2,W3
      IF((W1.LE.0.).OR.(W2.LE.0.).OR.(W3.LE.0.)) THEN
      WRITE(*,*) 'DIMENSION OF ROOF ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) LA,LL,LS
      IF((ABS(LA).GT.90.).OR.(ABS(LL).GT.180.)
     *  .OR.(ABS(LS).GT.180.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF LA,LL,LS ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) AX
      IF(ABS(AX).GT.90.) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF AX IS INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(1)
      READ(7,*) K(1)
      READ(7,*) DEN(1)
      READ(7,*) C(1)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(2)
      READ(7,*) K(2)
      READ(7,*) DEN(2)
      READ(7,*) C(2)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(3)
      READ(7,*) K(3)
      READ(7,*) DEN(3)
      READ(7,*) C(3)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(4)
      READ(7,*) K(4)
      READ(7,*) DEN(4)
      READ(7,*) C(4)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) L(5)
      READ(7,*) K(5)
      READ(7,*) DEN(5)
```

```
      READ(7,*) C(5)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (RE(I),I=1,5)
      DO 2 I=1,5
      IF((RE(I).LE.0.).OR.(RE(I).GE.1.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF RE ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
2     CONTINUE
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (H(I,1),I=1,5)
      READ(7,*) (H(I,2),I=1,5)
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) (E(I),I=1,5)
      DO 3 I=1,5
      IF((E(I).LE.0.).OR.(E(I).GE.1.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF E ARE INVALID'
      GO TO 25
      END IF
3     CONTINUE
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) DTI
      IF((DTI.LE.0.).OR.(DTI.GE.3600.)) THEN
      WRITE(*,*) 'VALUE OF DTI IS INVALID'
      GO TO 25
      END IF
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) TRT
      CALL COMMEND()
      READ(7,*) SDD,SMM
      READ(7,*) FDD,FMM
      IF(((SMM.EQ.FMM).AND.(SDD.GT.FDD)).OR.(SMM.GT.FMM)) THEN
      WRITE(*,5)
5     FORMAT(1X,'SHOULD CHANGE NEW STARTING AND FINISHING DAY'/,
     *       1X,'STARTING DAY SHALL BE BEFORE FINISHING DAY')
      GO TO 25
      END IF
      DO 90 I=1,2
      IF(I.EQ.1) THEN
      DD=SDD
      MM=SMM
      ELSE
      DD=FDD
      MM=FMM
      END IF
      IF(MM.EQ.1) ND=DD
      IF(MM.EQ.2) ND=31+DD
      IF(MM.EQ.3) ND=59+DD
      IF(MM.EQ.4) ND=90+DD
      IF(MM.EQ.5) ND=120+DD
      IF(MM.EQ.6) ND=151+DD
      IF(MM.EQ.7) ND=181+DD
      IF(MM.EQ.8) ND=212+DD
      IF(MM.EQ.9) ND=243+DD
      IF(MM.EQ.10) ND=273+DD
      IF(MM.EQ.11) ND=304+DD
      IF(MM.EQ.12) ND=334+DD
      IF(I.EQ.1) THEN
      NSD=ND
      ELSE
      NFD=ND
      END IF
90    CONTINUE
      NDT=NFD-NSD+1
      CALL COMMEND()
      DO 10 I=1,NDT
      READ(7,*) (IGT(I,J),J=1,24)
10    CONTINUE
      CALL COMMEND()
      DO 20 I=1,NDT
      READ(7,*) (IDT(I,J),J=1,24)
20    CONTINUE
      CALL COMMEND()
      DO 30 I=1,NDT
      READ(7,*) (TAT(I,J),J=1,24)
30    CONTINUE
      WRITE(*,*) 'READ O.K.'
      CALL AREA
      DO 120 I=1,NDT
      DO 130 J=1,24
      TAK(I,J)=TAT(I,J)+273.15
```

```
130   CONTINUE
120   CONTINUE
      TRK=TRT+273.15
      DO 300 I=1,5
      DO 400 J=1,2
      IF(J.EQ.2) THEN
      TP(I,J)=TRK
      ELSE
      TP(I,J)=TAK(1,1)
      END IF
400   CONTINUE
300   CONTINUE
      ND=NSD-1
      LO=3600./DTI
      NLO=LO
      IF(LO.GT.NLO) NLO=NLO+1
      QT=0.
      DO 500 I=1,NDT
      ND=ND+1
      QD=0.
      DO 600 J=1,24
      SUMDTI=0.
      QH=0.
      DO 700 IK=1,NLO
      IF(IK.EQ.NLO) THEN
      DTIDUM=DTI
      DTI=3600.-SUMDTI
      END IF
      SUMDTI=SUMDTI+DTI
      IF((I.EQ.1).AND.(J.EQ.1)) THEN
      IG=IGT(1,1)
      ID=IDT(1,1)
      TA=TAK(1,1)
      ELSE
      IF(J.EQ.1) THEN
      IG=(IGT(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+IGT(I,1)*SUMDTI)/3600.
      ID=(IDT(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+IDT(I,1)*SUMDTI)/3600.
      TA=(TAK(I-1,24)*(3600.-SUMDTI)+TAK(I,1)*SUMDTI)/3600.
      ELSE
      IG=(IGT(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+IGT(I,J)*SUMDTI)/3600.
      ID=(IDT(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+IDT(I,J)*SUMDTI)/3600.
      TA=(TAK(I,J-1)*(3600.-SUMDTI)+TAK(I,J)*SUMDTI)/3600.
      END IF
      END IF
      TR=TRK
      ST=J-1.+SUMDTI/3600.
      CALL SOLAR
      CALL NEWRAP
      IF(Z.EQ.0.) GO TO 800
      QDTI=0.
      DO 850 IA=1,5
      QDTI=QDTI+H(IA,2)*A(IA)*(T(IA,2)-TR)*DTI
850   CONTINUE
      DO 900 IL=1,5
      DO 1000 IM=1,2
      TP(IL,IM)=T(IL,IM)
1000  CONTINUE
900   CONTINUE
      QH=QH+QDTI
      IF(IK.EQ.NLO) DTI=DTIDUM
700   CONTINUE
      DO 1100 IN=1,5
      TT(I,J,IN,1)=T(IN,1)-273.15
      TT(I,J,IN,2)=T(IN,2)-273.15
1100  CONTINUE
      QHT(I,J)=QH
      QD=QD+QH
600   CONTINUE
      QDT(I)=QD
      QT=QT+QD
500   CONTINUE
      WRITE(8,1200)
1200  FORMAT(1X,'OUTPUT DATA OF PROGRAM CALCULATE HEAT TRANSFER' /,
     *     1X,'THROUGH TRIANGLE ROOF SYSTEM ')
      ND=NSD-1
      DO 1300 I=1,NDT
      ND=ND+1
      WRITE(8,2000)
2000  FORMAT(1X,'-RATE OF HEAT TRANSFER PER HOUR')
      DO 1400 J=1,24
      WRITE(8,2100) ND,J,QHT(I,J)
```

```
2100  FORMAT(1X,'QHT(',I3,',',I2,')=',E12.4,1X,'J/HR.')
1400  CONTINUE
      WRITE(8,2200)
2200  FORMAT(1X,'-RATE OF HEAT TRANSFER PER DAY')
      WRITE(8,2300) ND,QDT(I)
2300  FORMAT(1X,'QDT(',I3,')=',E12.4,1X,'J/DAY')
1300  CONTINUE
      WRITE(8,1850) QT
1850  FORMAT(1X,'-TOTAL HEAT TRANSFER THROUGH ROOF SYSTEM'/,
     *       1X,'=',E12.4,1X,'J')
25    STOP
800   WRITE(8,1900)
1900  FORMAT(1X,'TEMPERATURES ARE DIVERGE')
      STOP
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (ELIMINATE THE COMMENT ON THE INPUT FILE.        |
C     |             "<" AS A BEGINING SIGN OF COMMENT AND ">"       |
C     |             AS THE END.)                                    |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE COMMEND ()
      CHARACTER FIRST
100   READ(7,'(A)') FIRST
      IF(FIRST.EQ.' ') GO TO 100
      IF(FIRST.NE.'<') WRITE(*,*) 'INPUT ERROR'
200   READ(7,'(A)') FIRST
      IF(FIRST.NE.'>') GO TO 200
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND ROOF AREA )                                |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | W1,W2,W3 : DIMENSION OF ROOF                                |
C     |        A : AREA                                             |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE AREA
      DIMENSION A(5)
      COMMON /LC1/W1,W2,W3/LC4/A
      A(1)=W1*W2
      A(2)=W2*W3
      A(3)=A(1)
      A(4)=A(2)
      A(5)=W1*W3
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (SOLAR INTENSITY)                                |
C     |-------------------------------------------------------------|
C     |  AA : SURFACE AZIMUTH ANGLE                                 |
C     |  AX : AXIS ANGLE                                            |
C     |  CO : VALUE OF COSINE OF INCIDENCE ANGLE                    |
C     | COZ : VALUE OF COSINE OF ZENITH ANGLE                       |
C     |  DE : DECLINATION                                           |
C     |   E : EQUATON OF TIME CORRECTION                            |
C     |  GS : SOLAR RADIATION INTENSITY                             |
C     |  HA : HOUR ANGLE                                            |
C     |  IB : BEAM RADIATION INTENSITY                              |
C     |  ID : DIFFUSE RADIATION INTENSITY                           |
C     |  IG : GOBAL RADIATION INTENSITY                             |
C     |  LA : LATITUDE                                              |
C     |  LL : LONGITUDE OF LOCAL                                    |
C     |  LS : LONGITUDE OF STANDARD TIME                            |
C     |  ND : NUMBER OF DAY IN THE YEAR                             |
C     |  RB : BEAM RADIATION FACTOR                                 |
C     |  RD : DIFFUSE RADIATION FACTOR                              |
C     |  RR : REFLECTED RADIATION FACTOR                            |
C     |  SL : SLOPE                                                 |
C     |  ST : STANDARD TIME                                         |
C     |  SOT: SOLAR TIME                                            |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SOLAR
      DIMENSION GS(5),AA(4)
      REAL LA,LL,LS,IG,ID
      COMMON /LC2/LA,LL,LS,AX,/LC5/ST,ND,IG,ID,/LC6/GS
      PI=2.*ASIN(1.)
      RA=PI/180.
      DG=180./PI
      ILA=LA
      DEC=LA-ILA
      LA=ILA+DEC/0.60
      LA=LA*RA
```

```
      DE=23.45*SIN(360.*(284.+ND)*RA/365.)*RA
      IAX=AX
      DEC=AX-IAX
      AX=IAX+DEC/0.60
      AA(1)=AX-90.
      AA(2)=AA(1)+90.
      AA(3)=AA(1)+180.
      AA(4)=AA(1)+270.
      AA(1)=AA(1)*RA
      AA(2)=AA(2)*RA
      AA(3)=AA(3)*RA
      AA(4)=AA(4)*RA
      B=360.*(ND-1.)*RA/365.
      E=229.2*(0.000075+0.001868*COS(B)-0.032077*SIN(B)
     *  -0.014615*COS(2.*B)-0.04089*SIN(2.*B))
      ILL=LL
      DEC=LL-ILL
      LL=ILL+DEC/0.60
      ILS=LS
      DEC=LS-ILS
      LS=ILS+DEC/0.60
      SOT=ST+(4.*(LL-LS)+E)/60.
      HA=(SOT-12.)*15.*RA
      DO 100 I=1,4
      AAI=AA(I)
      CO=-SIN(DE)*COS(LA)*COS(AAI)
     *   +COS(DE)*SIN(LA)*COS(AAI)*COS(HA)
     *   +COS(DE)*SIN(AAI)*SIN(HA)
      IF(CO.LT.0.) CO=0.
      COZ=SIN(DE)*SIN(LA)+COS(DE)*COS(LA)*COS(HA)
      IB=IG-ID
      RB=CO/COZ
      IF(RB.LT.0.) RB=RB*(-1.)
      RD=1./2.
      RR=0.2/2.
      GS(I)=IB*RB+ID*RD+(IB+ID)*RR
100   CONTINUE
      GS(5)=IG
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (NEWTON-RAPHSON METHOD)                          |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE NEWRAP
      DIMENSION L(5),K(5),DEN(5),C(5),RE(5),H(5,2),E(5),A(5),GS(5),
     *          T(5,2),TP(5,2),FT(10),DT(10)
      REAL L,K
      COMMON Z/LC3/L,K,DEN,C,RE,H,E,DTI/LC4/A/LC6/GS
     *       /LC7/TA,TR/LC8/T,TP/LC9/FT/LC10/DT
      DO 100 I=1,5
      DO 200 J=1,2
      T(I,J)=TP(I,J)
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      Z=0.
      ZZ=0.
      DO 300 I=1,100
      CALL FTATDT
      DO 600 IK=1,10
      IF(ABS(DT(IK)).GT.0.001) GO TO 700
600   CONTINUE
      ZZ=ZZ+1.
      IF(ZZ.LT.2.) GO TO 700
      RETURN
700   ISUM=0
      DO 800 IL=1,5
      DO 900 IM=1,2
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'T(',IL,',',IM,')=',T(IL,IM),'K'
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'DT=',DT(ISUM+IM)
      IF(I.EQ.100) WRITE(8,*) 'FT=',FT(ISUM+IM)
      T(IL,IM)=T(IL,IM)-DT(ISUM+IM)
900   CONTINUE
      ISUM=ISUM+2
800   CONTINUE
      IF(I.EQ.100) THEN
      Z=0.
      ELSE
      Z=I
      END IF
300   CONTINUE
      RETURN
```

```
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (FIND FT,AT AND DT VALUE)                        |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE FTATDT
      DIMENSION L(5),K(5),DEN(5),C(5),RE(5),H(5,2),E(5),A(5),GS(5),
     *          T(5,2),TP(5,2),FT(10),DT(10),AT(10,10),BT(10)
      REAL L,K
      COMMON /LC3/L,K,DEN,C,RE,H,E,DTI/LC4/A/LC6/GS
     *       /LC7/TA,TR/LC8/T,TP/LC9/FT/LC10/DT/LC11/AT,BT
      TS=TA-6.
      SB=5.67/10.**8.
      DO 10 I=1,10
      DO 20 J=1,10
      AT(I,J)=0.
20    CONTINUE
10    CONTINUE
      MSUM=0
      DO 100 I=1,5
      FT(MSUM+1)=(1.-RE(I))*A(I)*GS(I)
     *           +K(I)*A(I)*(T(I,2)-T(I,1))/L(I)
     *           +H(I,1)*A(I)*(TA-T(I,1))
     *           +E(I)*A(I)*SB*(TS**4.-T(I,1)**4.)
     *           -DEN(I)*C(I)*A(I)*(L(I)/2.)*(T(I,1)-TP(I,1))/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+1)=-K(I)*A(I)/L(I)-H(I,1)*A(I)
     *                  -4.*E(I)*A(I)*SB*T(I,1)**3.
     *                  -DEN(I)*C(I)*A(I)*(L(I)/2.)/DTI
      AT(MSUM+1,MSUM+2)=K(I)*A(I)/L(I)
      FT(MSUM+2)=K(I)*A(I)*(T(I,1)-T(I,2))/L(I)
     *           +H(I,2)*A(I)*(TR-T(I,2))
     *           -DEN(I)*C(I)*A(I)*(L(I)/2.)*(T(I,2)-TP(I,2))/DTI
      AT(MSUM+2,MSUM+1)=K(I)*A(I)/L(I)
      AT(MSUM+2,MSUM+2)=-K(I)*A(I)/L(I)-H(I,2)*A(I)
     *                  -DEN(I)*C(I)*A(I)*(L(I)/2.)/DTI
      MSUM=MSUM+2
100   CONTINUE
      DO 200 I=1,10
      BT(I)=FT(I)
200   CONTINUE
      CALL GAUSS(10)
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (GAUSS ELIMINATION)                              |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE GAUSS(N)
      DIMENSION A(10,10),B(10),X(10)
      COMMON /LC10/X/LC11/A,B
      CALL SCALE(N)
      DO 100 I=1,N-1
      CALL PIVOT(N,I)
      DO 200 J=I+1,N
      RATIO=A(J,I)/A(I,I)
      DO 300 K=I+1,N
      A(J,I)=0.
      A(J,K)=A(J,K)-A(I,K)*RATIO
300   CONTINUE
      B(J)=B(J)-B(I)*RATIO
200   CONTINUE
100   CONTINUE
      X(N)=B(N)/A(N,N)
      DO 400 L=N-1,1,-1
      SUM=0.
      DO 500 M=L+1,N
      SUM=SUM+A(L,M)*X(M)
500   CONTINUE
      X(L)=(B(L)-SUM)/A(L,L)
400   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-------------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM SCALING FOR GAUSS ELIMINATION)          |
C     |-------------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE SCALE(N)
      DIMENSION A(10,10),B(10)
      COMMON /LC11/A,B
      DO 100 I=1,N
      AMAX=ABS(A(I,1))
      DO 200 J=2,N
      AOTH=ABS(A(I,J))
      IF(AOTH.GT.AMAX) AMAX=AOTH
```

```
200   CONTINUE
      DO 300 M=1,N
      A(I,M)=A(I,M)/AMAX
300   CONTINUE
      B(I)=B(I)/AMAX
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C     |-----------------------------------------------------------|
C     | SUBPROGRAM (PERFORM PARTIAL PIVOTING FOR GAUSS ELIMINATION)  |
C     |-----------------------------------------------------------|
      SUBROUTINE PIVOT(N,I)
      DIMENSION A(10,10),B(10)
      COMMON /LC11/A,B
      J=I
      AMAX=ABS(A(I,I))
      DO 100 K=I+1,N
      AOTH=ABS(A(K,I))
      IF(AOTH.GT.AMAX) THEN
      AMAX=AOTH
      J=K
      END IF
100   CONTINUE
      IF(J.NE.I) THEN
      DO 200 L=I,N
      DUMY=A(J,L)
      A(J,L)=A(I,L)
      A(I,L)=DUMY
200   CONTINUE
      DUMY=B(J)
      B(J)=B(I)
      B(I)=DUMY
      END IF
      RETURN
      END
```

ตัวอย่างรายละเอียดของไฟล์ข้อมูลดิบของโปรแกรม PRO1FN

```
<INPUT DATA FOR CALCUTATE HEAT TRANSFER THROUGH
 FLAT ROOF SYSTEM
>
<ROOF DIMENSION (m.)
 W1,W2,W3
>
10,0.5,20
<LOCATION OF ROOF (degree.minute)
 LA,LL,LS
>
13.40,100.37,90
<ANGLE OF AXIS OF ROOF,AX (degree.minute)
>
0
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 1
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
.1
1.310
2243
879
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 2
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.1
1.310
2243
879
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 3
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.1
1.310
2243
879
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 4
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.1
1.310
2243
879
<MATERIAL PROPERTIES OF ROOF,SIDE 5
 THECKNESS,L (m.)
 THERMAL CONDUCTIVITY,K (W/m.K)
 DENSITY,DEN (kg/cu.m.K)
 SPECIFIC HEAT,C (J/kg.K)
>
0.15
1.298
2243
921
<REFLECTIVITY,RE(I)
>
0.4,0.4,0.4,0.4,0.9
<CONVECTION HEAT TRANSFER COEFFICIENT (W/sq.m.)
 H(I,1)
 H(I,2)
>
20,20,20,20,20
10,10,10,10,10
<EMISSIVITY,E(I)
>
0.88,0.88,0.88,0.88,0.88
<STEP TIME,DTI (sec.)
>
```

```
1800
<ROOM TEMPERATURE,TR (C)
>
25
<DURATION TIME (dd,mm)
 SDD,SMM
 FDD,FMM
>
1,6
1,6
<GLOBAL RADIATION,GIT(I,J) (W/sq.m.)
>
0,0,0,0,2.78,5.56,158.3,397.22,611.11,850,961.11,1025,1019.44,961.11,813.88,655.55,32
4.44,210.56,50,0,0,0,0,0
<DIFFUSE RADIATION,DIT(I,J) (W/sq.m.)
>
0,0,0,0,0,0,19.44,63.89,119.44,161.11,183.33,213.89,219.44,211.11,169.44,138.89,86.11
,38.88,5.56,0,0,0,0,0
<AMBIENT TEMPERATURE (C)
>
27,26.9,26.8,26.8,26.7,26.9,27.4,28.4,30.1,31.5,32.4,33.5,34.8,35.3,35,33.5,32.5,31.3
,30.9,30.6,30.5,30.3,29.7,30.5
```

ตัวอย่างรายละเอียดของไฟล์แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม PRO1FN

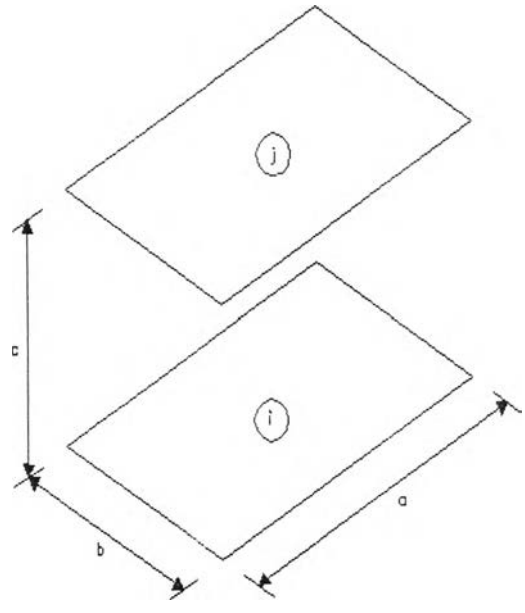
```
OUTPUT DATA OF PROGRAM CALCULATE HEAT TRANSFER
THROUGH FLAT ROOF SYSTEM
-RATE OF HEAT TRANSFER
QHT(152, 1)=  0.3354E+01 W/m2
QHT(152, 2)=  0.3458E+01 W/m2
QHT(152, 3)=  0.3521E+01 W/m2
QHT(152, 4)=  0.3685E+01 W/m2
QHT(152, 5)=  0.3946E+01 W/m2
QHT(152, 6)=  0.3987E+01 W/m2
QHT(152, 7)=  0.4185E+01 W/m2
QHT(152, 8)=  0.6743E+01 W/m2
QHT(152, 9)=  0.1167E+02 W/m2
QHT(152,10)=  0.1878E+02 W/m2
QHT(152,11)=  0.2695E+02 W/m2
QHT(152,12)=  0.3523E+02 W/m2
QHT(152,13)=  0.4340E+02 W/m2
QHT(152,14)=  0.5113E+02 W/m2
QHT(152,15)=  0.5731E+02 W/m2
QHT(152,16)=  0.6146E+02 W/m2
QHT(152,17)=  0.6569E+02 W/m2
QHT(152,18)=  0.5611E+02 W/m2
QHT(152,19)=  0.3431E+02 W/m2
QHT(152,20)=  0.2667E+02 W/m2
QHT(152,21)=  0.2338E+02 W/m2
QHT(152,22)=  0.1684E+02 W/m2
QHT(152,23)=  0.1365E+02 W/m2
QHT(152,24)=  0.1160E+02 W/m2
```

ภาคผนวก จ.

ค่าวิวแฟคเตอร์

1. ระนาบสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดเท่ากันและขนานกัน (Aligned parallel rectangles)

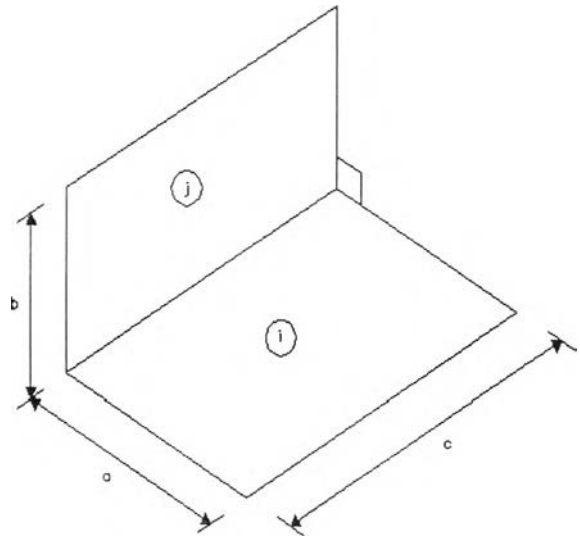
$$X=\frac{a}{c} \quad , \quad Y=\frac{b}{c}$$



$$F_{ij}=\frac{2}{\pi XY}\left\{\ln\left[\frac{(1+X^2)(1+Y^2)}{1+X^2+Y^2}\right]^{1/2}+X(1+Y^2)^{1/2}\tan^{-1}\frac{X}{(1+Y^2)^{1/2}}\right.$$
$$\left.+Y(1+X^2)^{1/2}\tan^{-1}\frac{Y}{(1+X^2)^{1/2}}-X\tan^{-1}X-Y\tan^{-1}Y\right\}$$

2. ระนาบสี่เหลี่ยมผืนผ้าสองระนาบขอบร่วมตั้งฉากกัน (Perpendicular rectangles with a common edge)

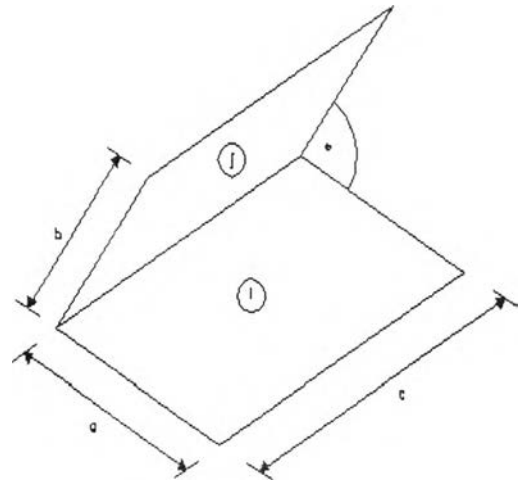
$$H=\frac{b}{c} \quad , \quad W=\frac{a}{c}$$



$$F_{ij}=\frac{1}{\pi W}\left(W\tan^{-1}\frac{1}{W}+H\tan^{-1}\frac{1}{H}-(H^2+W^2)^{1/2}\tan^{-1}\frac{1}{(H^2+W^2)^{1/2}} \right.$$
$$\left. +\frac{1}{4}\ln\left\{ \frac{(1+W^2)(1+H^2)}{1+W^2+H^2}\left[\frac{W^2(1+W^2+H^2)}{(1+W^2)(W^2+H^2)} \right]^{W^2} x\left[\frac{H^2(1+H^2+W^2)}{(1+H^2)(H^2+W^2)} \right]^{H^2} \right\} \right)$$

3. ระนาบสี่เหลี่ยมผืนผ้าสองระนาบขอบร่วมทำมุมกัน (Two rectangles with a common edge)

$$X=\frac{b}{c}\ ,\ Y=\frac{a}{c}\ ,\ Z=X^2+Y^2-2XY\cos\phi$$



$$F_{ij}=\frac{1}{\pi Y}\left(\frac{-\sin 2\phi}{4}\left[XY\sin\phi+\left(\frac{\pi}{2}-\phi\right)(X^2+Y^2)\right.\right.$$
$$\left.+Y^2\tan^{-1}\left(\frac{X-Y\cos\phi}{Y\sin\phi}\right)+X^2\tan^{-1}\left(\frac{Y-X\cos\phi}{X\sin\phi}\right)\right]$$
$$+\frac{\sin^2\phi}{4}\left\{\left(\frac{2}{\sin^2\phi}-1\right)\ln\left[\frac{(1+X^2)(1+Y^2)}{1+Z}\right]\right.$$
$$\left.+Y^2\ln\left[\frac{Y^2(1+Z)}{(1+Y^2)Z}\right]+X^2\ln\left[\frac{X^2(1+X^2)^{\cos 2\phi}}{Z(1+Z)^{\cos 2\phi}}\right]\right\}$$
$$+Y\tan^{-1}\left(\frac{1}{Y}\right)+X\tan^{-1}\left(\frac{1}{X}\right)-\sqrt{Z}\tan^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{Z}}\right)$$
$$+\frac{\sin\phi\ \sin 2\phi}{2}X\sqrt{1+X^2\sin^2\phi}$$
$$\left.x\left[\tan^{-1}\left(\frac{X\cos\phi}{\sqrt{1+X^2\sin^2\phi}}\right)+\tan^{-1}\left(\frac{Y-X\cos\phi}{\sqrt{1+X^2\sin^2\phi}}\right)\right]\right)$$

$$+\cos\phi\int_0^y\sqrt{1+\xi^2\sin^2\phi}\left[\tan^{-1}\left(\frac{x-\xi\cos\phi}{\sqrt{1+\xi^2\sin^2\phi}}\right)\right.$$

$$\left.+\tan^{-1}\left(\frac{\xi\cos\phi}{\sqrt{1+\xi^2\sin^2\phi}}\right)\right]d\xi\Bigg)$$

ภาคผนวก ฉ.

การอินทิกรัลแบบเกาส์

เมื่อ $I=\int_a^b f(x)\,dx$

จะได้ว่า $I=\left(\frac{b-a}{2}\right)\sum_{i=1}^{n} W_i f\left(\frac{a+b}{2}+\frac{b-a}{2}C_i\right)$

เมื่อ n : จำนวนจุดเกาส์

W_i : ตัวคูณน้ำหนัก (Weighting factor)

C_i : ตำแหน่งจุดเกาส์ (Function arguments)

หากกำหนดจำนวนจุดเกาส์ n=6 จะได้ว่า

ตัวคูณน้ำหนัก	ตำแหน่งจุดเกาส์
W_1=0.171324492	C_1=-0.932469514
W_2=0.360761573	C_2=-0.661209386
W_3=0.467913935	C_3=-0.238619186
W_4=0.467913935	C_4= 0.238619186
W_5=0.360761573	C_5= 0.661209386
W_6=0.171324492	C_6= 0.932469514

ภาคผนวก ช.
การคำนวณรังสีความร้อนจากแสงแดด

1 ค่าความเข้มของรังสีความร้อนจากแสงแดดที่ตกกระทบพื้นโลก

เมื่อแสงแดดส่องผ่านชั้นบรรยากาศของโลกจะเกิดการสะท้อนและการกระเจิงของแสงภายในชั้นบรรยากาศ ทำให้ค่าความเข้มของพลังงานความร้อนของแสงแดดมีค่าเปลี่ยนแปลง โดยแสงแดดในส่วนที่ยังคงมีทิศทางดามเดิมเรียกว่า รังสีตรง (Beam radiation , I_b) ขณะที่แสงแดดส่วนที่เกิดการสะท้อนและการกระเจิงภายในชั้นบรรยากาศเรียกว่า รังสีกระจาย (Diffuse radiation ,I_d) และผลรวมของค่าทั้งสองเรียกว่า รังสีรวม(Total radiation หรือ Global radiation ,I_g)

ในการหาค่ารังสีตรงที่ตกกระทบกับพื้นผิวที่มีทิศทางต่าง ๆ กันนั้นจะต้องแปลงค่าของความเข้มของพลังงานความร้อนในทิศทางของแสงแดด ให้อยู่ในทิศทางตั้งฉากกับพื้นผิวนั้นเสียก่อน ดังนั้นจะได้ว่า

$$I_b = I_{bn} \cos\theta \qquad (1)$$

เมื่อ I_b : รังสีตรงที่ตกกระทบตั้งฉากพื้นผิว (W/m^2)

I_{bn} : รังสีตรงในทิศทางตามแนวของแสงแดด (W/m^2)

โดยค่าของ $\cos\theta$ สามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้ [Duffie and Beckman,1991]

$$\begin{aligned}\cos\theta = &\sin\delta \sin\phi \cos\beta \\ &- \sin\delta \cos\phi \sin\beta \cos\gamma \\ &+ \cos\delta \cos\phi \cos\beta \cos\omega \\ &+ \cos\delta \sin\phi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega \\ &+ \cos\delta \sin\gamma \sin\omega \sin\beta \end{aligned} \qquad (2)$$

เมื่อ ϕ (Latitude) : ค่ามุมละติจูดของตำแหน่งของพื้นผิว โดยค่าละติจูดเหนือมีค่าเป็นบวกละติจูดใต้มีค่าเป็นลบ

δ(declination) : ค่ามุมระหว่างแนวเส้นที่เชื่อมระหว่างจุดศูนย์กลางของโลกกับดวงอาทิตย์ที่ทำกับระนาบอิเควเตอร์ ซึ่งคำนวณได้จาก

$$\delta \text{ (in degrees)} = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(284 + n)\right] \qquad (3)$$

เมื่อ n : ลำดับที่ของวันภายในปี , $1 \le n \le 365$

γ(Surface azimuth angle) : มุมระหว่างเส้นนอร์มอลของระนาบพื้นผิวทำกับแนวทิศใต้ (Horizontal line south) บนพื้นแนวระนาบ (Horizontal plane) โดยที่ค่ามุมมีค่าเป็นลบเมื่อแนวเส้นมอร์มอลอยู่ด้านตะวันออกของแนวใต้ และมุมมีค่าเป็นบวกเมื่อแนวเส้นนอร์มอลอยู่ด้านตะวันตกของแนวใต้

ω (Hour angle) : มุมของเวลาโดยวัดจากเที่ยงวัน ซึ่งมีค่าสมมูลเป็น 15° ต่อชั่วโมง เวลาที่ใช้เป็นเวลาสุริยะ (Solar time) ค่าของมุมมีค่าเป็นลบในช่วงเวลาก่อนเที่ยงวัน และมีค่าเป็นบวกในช่วงเวลาหลังเที่ยงวัน

β (Slope) : มุมของระนาบพื้นผิวทำกับแนวพื้นระนาบ

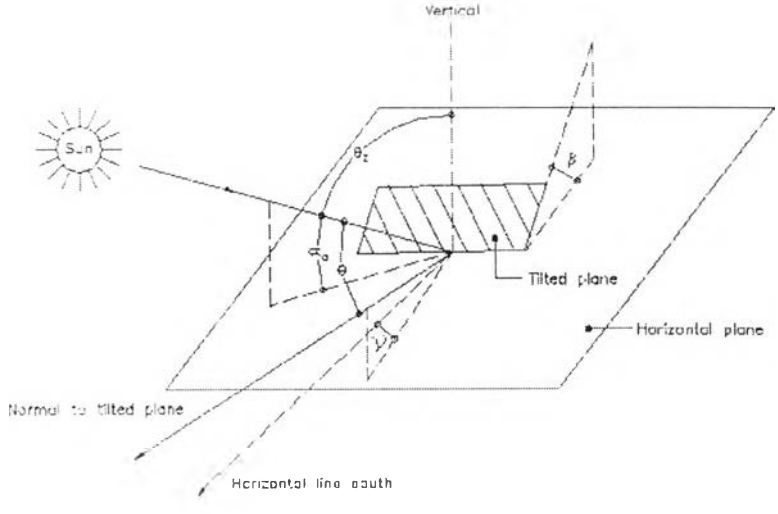


Diagram illustrating the angle of incidence θ, the zenith angle θ_z, the solar angle ω_s, the slope β and the surface azimuth angle γ

รูปที่ 1 แสดงมุมต่างๆที่กระทำกับพื้นผิว

จากสมการ (2) สำหรับพื้นราบ $\beta = 0^{\circ}$ จะได้ว่า

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\phi + \cos\delta \cos\phi \cos\omega \quad (4)$$

โดยค่า θ ที่หาได้จากสมการ (4) เรียกว่า มุมซีนิธ (Zenith angle)

สำหรับค่า Global radiation มีค่าเป็น

$$I_g = I_b + I_d \quad (5)$$

$$I_b = I_g - I_d \quad (6)$$

สำหรับ I_g และ I_d เป็นค่าที่ได้จากการวัดโดยตรงด้วยอุปกรณ์ Pyranometer

2 ค่าความเข้มของรังสีความร้อนจากแสงแดดที่ตกกระทบพื้นผิวหลังคา

ค่าความเข้มของรังสีความร้อนจากแสงแดดที่ตกกระทบพื้นผิวหลังคา มีค่าเป็น [Sukhatme,1996]

$$G_S = I_b R_b + I_d R_d + (I_b + I_d) R_r \quad (7)$$

เมื่อ G_S : ค่าความเข้มของรังสีความร้อนจากแสงแดดที่ตกกระทบพื้นผิวหลังคา (W/m^2)

R_b : ตัวประกอบรังสีตรง(Beam radiation factor) , สมการ (8)

R_d : ตัวประกอบรังสีกระจาย(Diffuse radiation factor) , สมการ (9)

R_r : ตัวประกอบรังสีสะท้อน(Reflected Radiation factor) , สมการ (10)

โดยที่ I_b มีค่าตามสมการ (6)

-ตัวประกอบรังสีตรงคือค่าตัวคูณซึ่งเป็นอัตราส่วนของค่าโคไซน์ของมุมที่แนวแสงแดดกระทำกับเส้นนอร์มอลของพื้นผิวหลังคา ต่อค่าโคไซน์ของมุมซีนิธ ดังสมการ

$$R_b = \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} \quad (8)$$

-ตัวประกอบรังสีกระจายคือค่าตัวคูณที่แสดงถึงอัตราส่วนของรังสีกระจายที่ตกกระทบพื้นผิวหลังคา ต่อรังสีกระจายที่ตกกระทบพื้นผิวระนาบ ซึ่งค่าของตัวประกอบรังสีกระจายขึ้นกับลักษณะและสภาพของอากาศและท้องฟ้า หากสมมุติว่าท้องฟ้ามีลักษณะครึ่งทรงกลมครอบพื้นผิวเอียงจะได้ว่า

$$R_d = \frac{1 + \cos\beta}{2} \quad (9)$$

ซึ่งค่า $(1 + \cos\beta)/2$ ก็คือค่าวิวแฟคเตอร์ระหว่างพื้นเอียงกับท้องฟ้าตามลักษณะที่สมมุติข้างต้น

-ตัวประกอบรังสีสะท้อนคือค่าตัวคูณที่แสดงถึงอัตราส่วนของพลังงานจากแสงแดดที่ตกกระทบพื้น แล้วสะท้อนมายังพื้นผิวหลังคาต่อพลังงานจากแสงแดดที่ตกกระทบพื้น เนื่องจากค่า $(1 + \cos\beta)/2$ เป็นค่าวิวแฟคเตอร์ระหว่างท้องฟ้ากับพื้นเอียง ดังนั้นค่าวิวแฟคเตอร์ของพื้นกับพื้นผิวเอียงจึงมีค่าเป็น $(1 - \cos\beta)/2$ ดังนั้น

$$R_r = \varphi\left(\frac{1 - \cos\beta}{2}\right) \quad (10)$$

เมื่อ φ : สภาพการสะท้อนรังสีความร้อนของพื้น

โดยทั่วไปค่า φ มีค่าประมาณ[Sukhatme,1996] 0.2 ซึ่งสามารถใช้กับทั้งพื้นคอนกรีตและสนามหญ้า

3 เวลาสุริยะ

เวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นเป็นเวลาสุริยะ ซึ่งสามารถหาค่าได้จากเวลามาตรฐาน (Standard Time) ซึ่งเป็นเวลาที่ดูได้จากนาฬิการวมกับค่าแก้ไขเวลาสองค่า ค่าแก้ไขเวลาค่าแรกเป็นค่าเนื่องจากผลต่างของตำแหน่งลองติจูด (Longitude) ของพื้นผิวหลังคากับลองติจูด (Longitude) ของเวลามาตรฐาน (Standard Time) ซึ่งมีค่าเป็น 4 นาทีต่อผลต่างของมุมลองติจูด 1 องศา ส่วนค่าแก้ไขเวลาค่าที่สองเรียกว่า สมการแก้ไขเวลา (Equation of time correction) ซึ่งเป็นผลมาจากวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ และอัตราการหมุนของโลกมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยเป็นบางครั้ง ซึ่งค่าดังกล่าวได้จากผลของการสังเกตุ ดังนั้นค่าเวลาสุริยะ (LAT) คำนวณได้จากสมการ

$$LAT = ST + 4 (L_{loc} - L_{st}) + E \qquad (11)$$

เมื่อ LAT : เวลาสุริยะ

ST : เวลามาตรฐาน

L_{st} : ลองติจูดที่เวลามาตราฐาน

L_{loc} : ลองติจูดที่เวลาสุริยะ

E : สมการแก้ไขเวลา (Equation of time correction)

ค่าของมุมลองติจูดมีเครื่องหมายเป็นบวกเมื่อเป็นลองติจูดตะวันออก และค่าของมุมลองติจูดมีเครื่องหมายเป็นลบเมื่อเป็นลองติจูดตะวันตก สำหรับค่าสมการแก้ไขเวลาสามารถหาค่าได้จากสมการ [Duffie and Beckman,1991]

$$E = 229.2(0.000075+0.001868 \cos B - 0.032077 \sin B - 0.014615 \cos 2B - 0.04089 \sin 2B) \qquad (12)$$

เมื่อ $$B=(n-1)\frac{360}{365} \qquad (13)$$

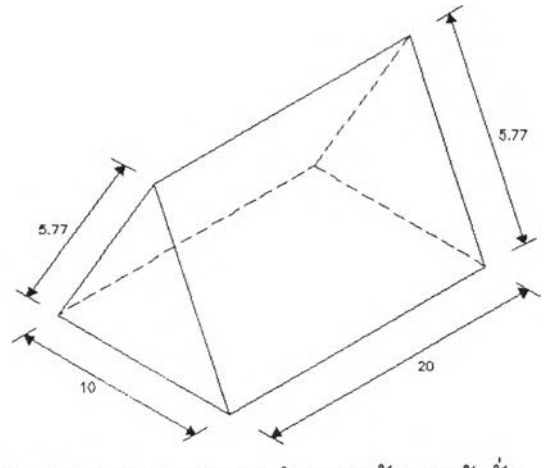
n : ลำดับที่ของวันภายในปี , $1 \leq n \leq 365$

ภาคผนวก ช.
รายละเอียดแบบจำลองหลังคาที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาและมาตราการลดปริมาณความร้อน

1 รายละเอียดแบบจำลองหลังคาที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา

รายละเอียดแบบจำลองหลังคาที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

1.1 แบบจำลองหลังคาหน้าจั่ว



รูปที่ 1 แสดงขนาดของแบบจำลองหลังคาหน้าจั่ว

-ขนาดพื้นที่อาคาร 10x 20 เมตร

-ขนาดหลังคา 10 x 5.77 x 5.77 x 20 เมตร

-ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร

เส้นรุ้งที่ 13 องศา 40 ลิปดา

เส้นแวงที่ 100 องศา 37 ลิปดา

-มุม AXIS ANGLE เป็น 0 องศา

-วันที่ทำการวิเคราะห์ วันที่ 1 มิถุนายน 2541

-อุณหภูมิภายในอาคาร เป็น 25 องศาเซลเซียส

-ไม่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างระหว่างฝ้าเพดานกับหลังคา

-วัสดุหลังคาเป็นหลังคากระเบื้อง หนา 0.005 เมตร

ค่าสภาพการนำความร้อน 8.248 W/m.K

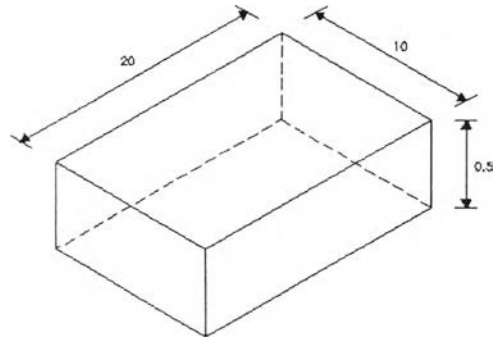
ค่าความหนาแน่น 1922 kg/m^3

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ 1005 J/kg.C

ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนที่ผิว 0.4

ค่าสภาพการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 0.88

1.2 แบบจำลองหลังคาเรียบ



รูปที่ 2 แสดงขนาดของแบบจำลองหลังคาเรียบ

-ขนาดพื้นที่อาคาร 10 x 20 เมตร

-ขนาดหลังคา 10 x 0.5 x 20 เมตร

-ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร

เส้นรุ้งที่ 13 องศา 40 ลิปดา

เส้นแวงที่ 100 องศา 37 ลิปดา

-มุม AXIS ANGLE เป็น 0 องศา

-วันที่ทำการวิเคราะห์ วันที่ 1 มิถุนายน 2541

-อุณหภูมิภายในอาคาร เป็น 25 องศาเซลเซียส

-ไม่มีการระบายอากาศภายในช่องว่างระหว่างฝ้าเพดานกับหลังคา

-วัสดุหลังคาเป็นคอนกรีต หนา 0.15 เมตร

ค่าสภาพการนำความร้อน 1.298 W/m.K

ค่าความหนาแน่น 2243 kg/m^3

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ 921 J/kg.C

ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนที่ผิว 0.4

ค่าสภาพการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 0.88

-วัสดุผนังดานข้างหลังคาเป็นก่ออิฐฉาบปูน หนา 0.10 เมตร

ค่าสภาพการนำความร้อน 1.298 W/m.K

ค่าความหนาแน่น 2243 kg/m^3

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ 921 J/kg.C

ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนที่ผิว 0.4

ค่าสภาพการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 0.88

2 มาตรการลดปริมาณความร้อน

รายละเอียดของมาตรการลดปริมาณความร้อนที่ทำการศึกษามีดังนี้

2.1 การฉาบด้วยสารสะท้อนรังสีความร้อนที่ผิวด้านนอกของหลังคา

2.2 ติดตั้งฝ้าเพดาน พร้อมระบายอากาศเหนือฝ้า

-ฝ้าเพดานเป็นแผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 0.01 เมตร มีคุณสมบัติดังนี้

ค่าสภาพการนำความร้อน 0.16 W/m.K

ค่าความหนาแน่น 801 kg/m^3

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ 1089 J/kg.C

ค่าสภาพการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 0.91

2.3 ติดตั้งฝ้าเพดาน ปูด้วยฉนวนใยแก้วชนิดหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมอยู่เหนือผ้าเพดาน

-ฉนวนใยแก้วมีคุณสมบัติดังนี้

ค่าสภาพการนำความร้อน 0.045 W/m.K

ค่าความหนาแน่น 16 kg/m^3

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ 837 J/kg.C

ค่าสภาพการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 0.07

-ฝ้าเพดานเป็นแผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 0.01 เมตร มีคุณสมบัติดังนี้

ค่าสภาพการนำความร้อน 0.16 W/m.K

ค่าความหนาแน่น 801 kg/m^3

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ 1089 J/kg.C

ค่าสภาพการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 0.91

2.4 ติดตั้งฝ้าเพดาน ติดด้วยฉนวนใยแก้วชนิดหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมอยู่ใต้พื้นผิวด้านในของหลังคา

-ฉนวนใยแก้วมีคุณสมบัติดังนี้

ค่าสภาพการนำความร้อน 0.045 W/m.K

ค่าความหนาแน่น 16 kg/m^3

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ 837 J/kg.C

ค่าสภาพการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 0.07

-ฝ้าเพดานเป็นแผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 0.01 เมตร มีคุณสมบัติดังนี้

ค่าสภาพการนำความร้อน 0.16 W/m.K

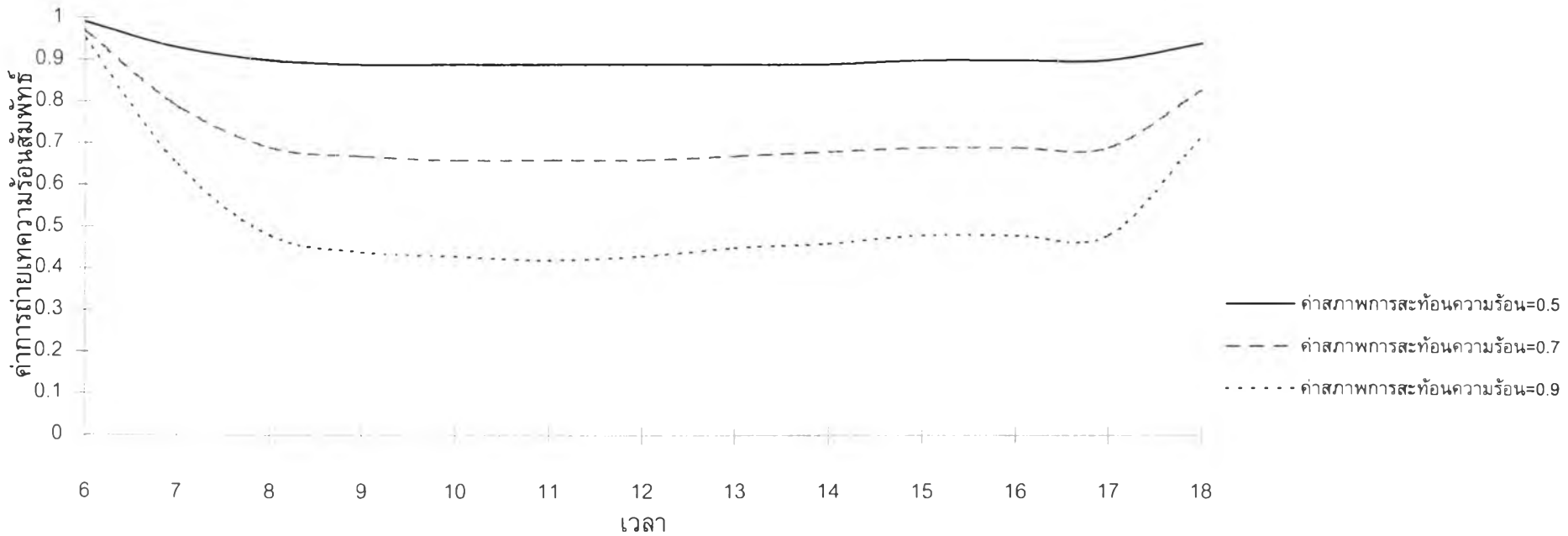
ค่าความหนาแน่น 801 kg/m^3

ค่าความจุความร้อนจำเพาะ 1089 J/kg.C

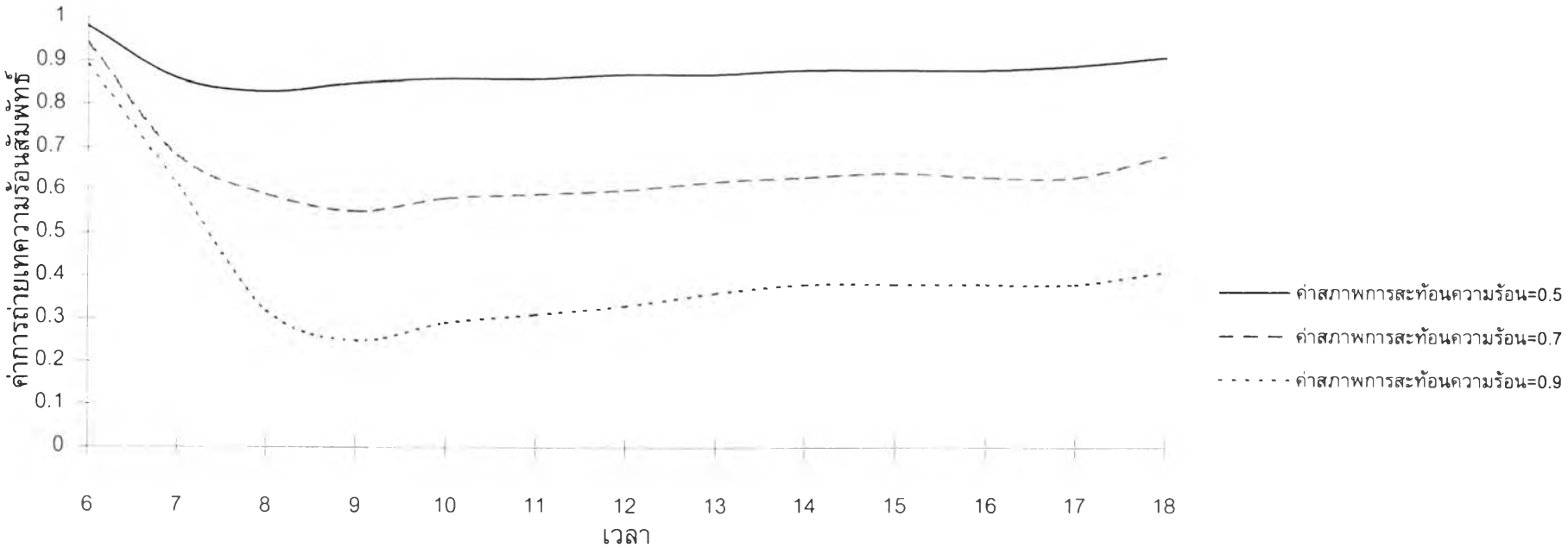
ค่าสภาพการแผ่รังสีความร้อนที่ผิว 0.91

ภาคผนวก ฌ.

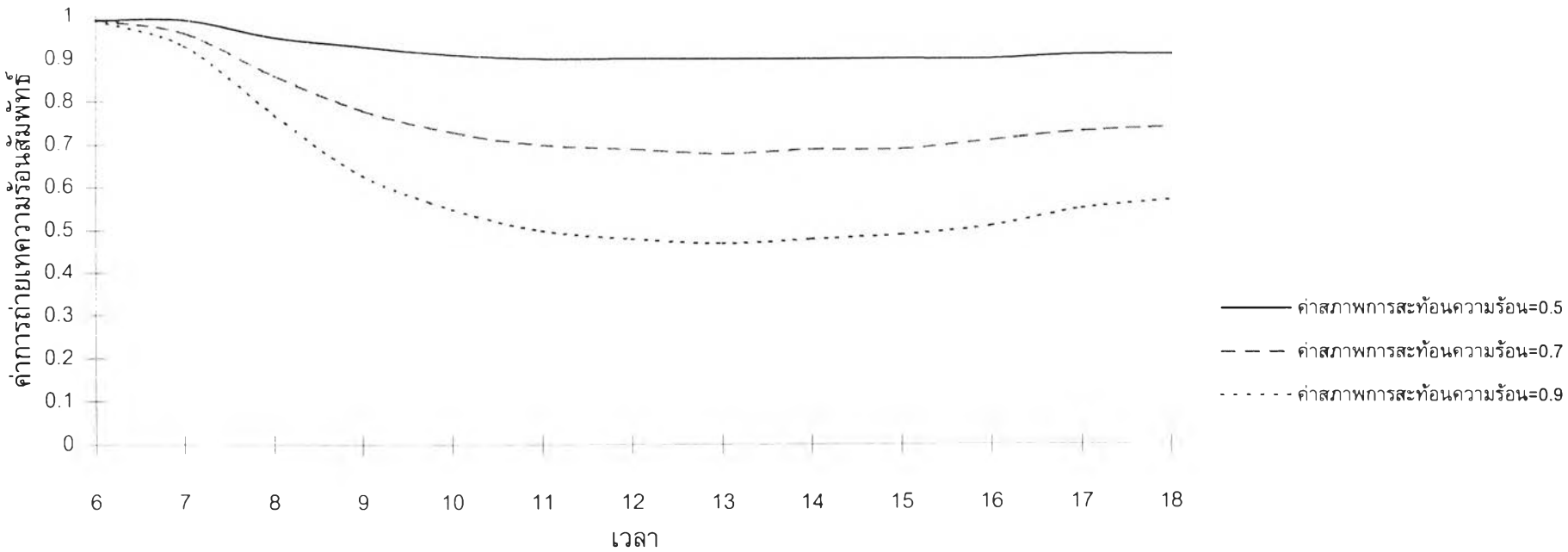
ผลการวิเคราะห์ที่อุณหภูมิภายในอาคารเป็น 23°C และ 27°C



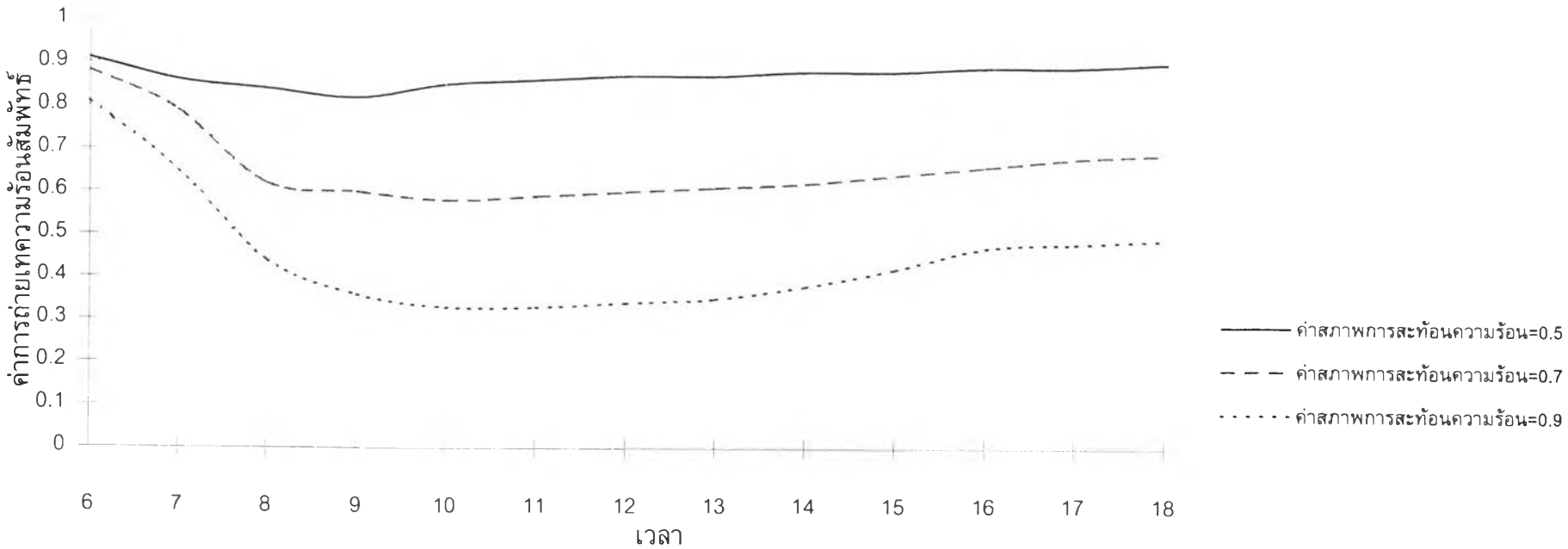
รูปที่ 1 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ ของผิวหลังคาด้านนอก ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C



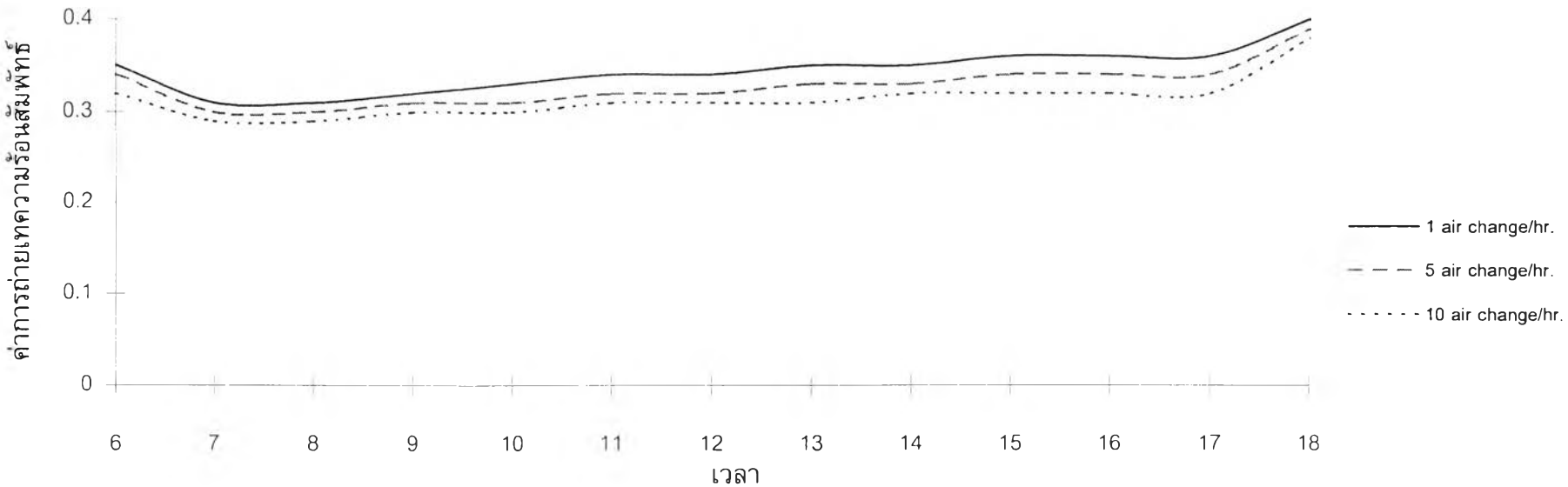
รูปที่ 2 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ ของผิวหลังคาด้านนอก ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27°C



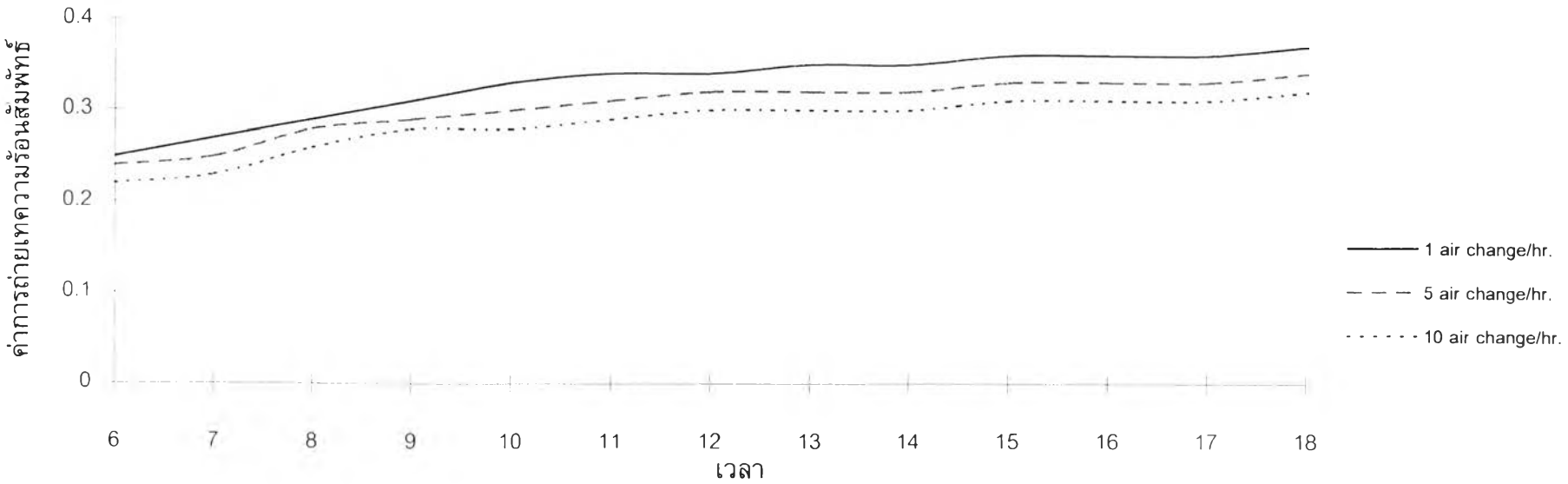
รูปที่ 3 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่าง ๆ ของผิวหลังคาด้านนอก ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C



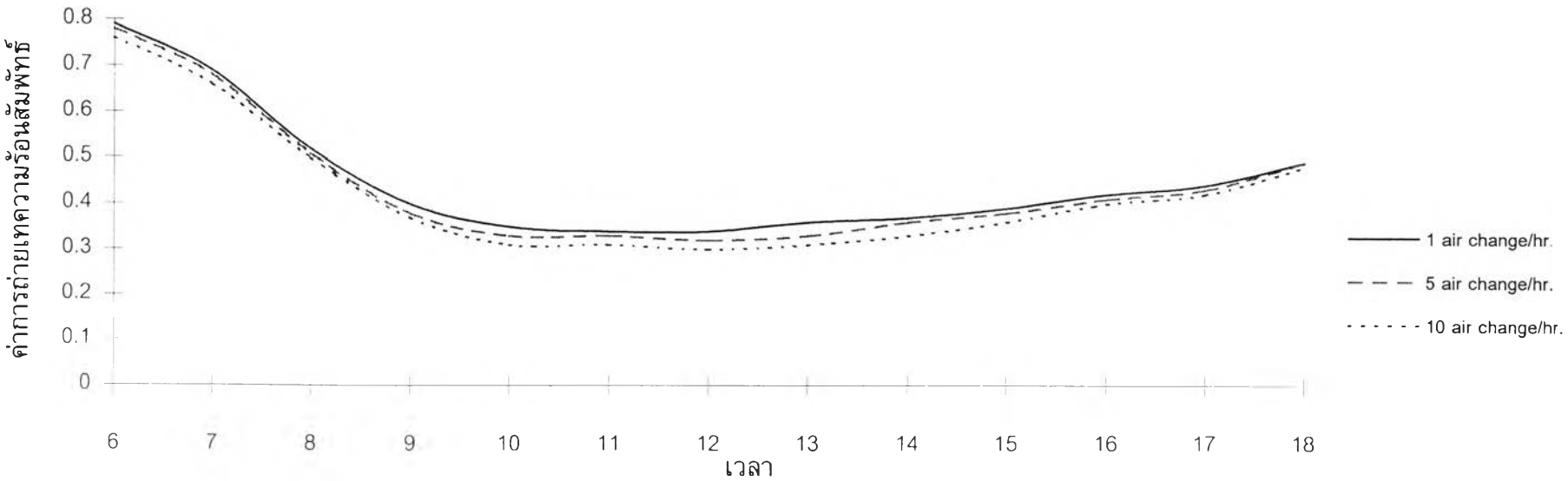
รูปที่ 4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ ของผิวหลังคาด้านนอก ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27°C



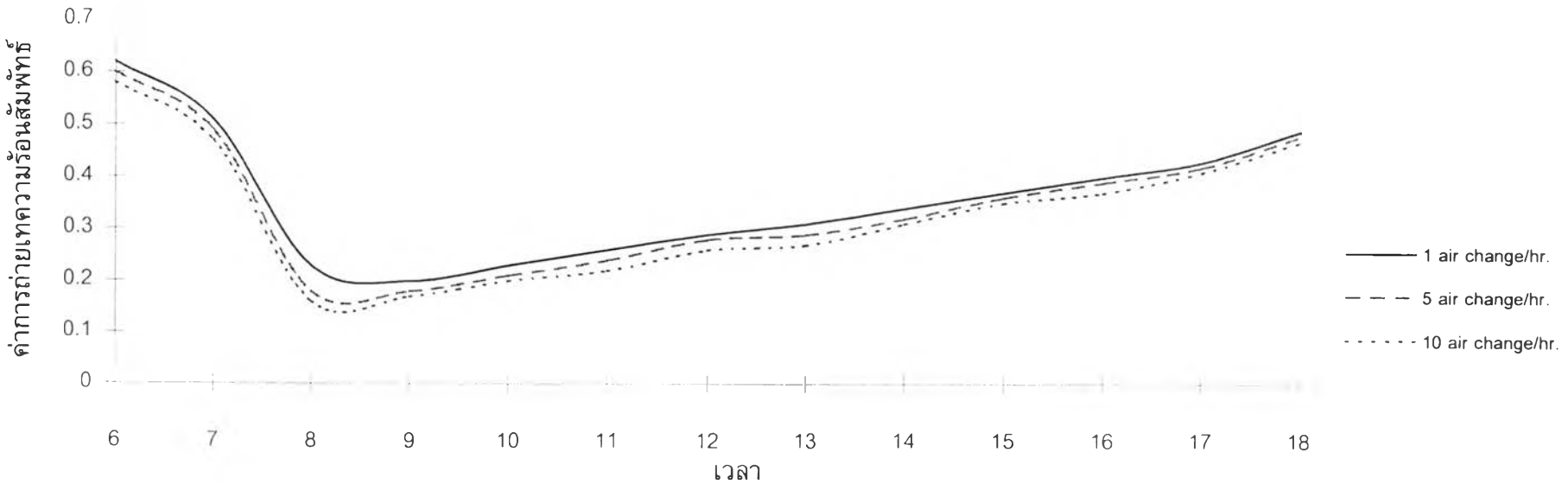
รูปที่ 5 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าการระบายอากาศต่าง ๆ ของช่องว่างภายในฝ้า ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C



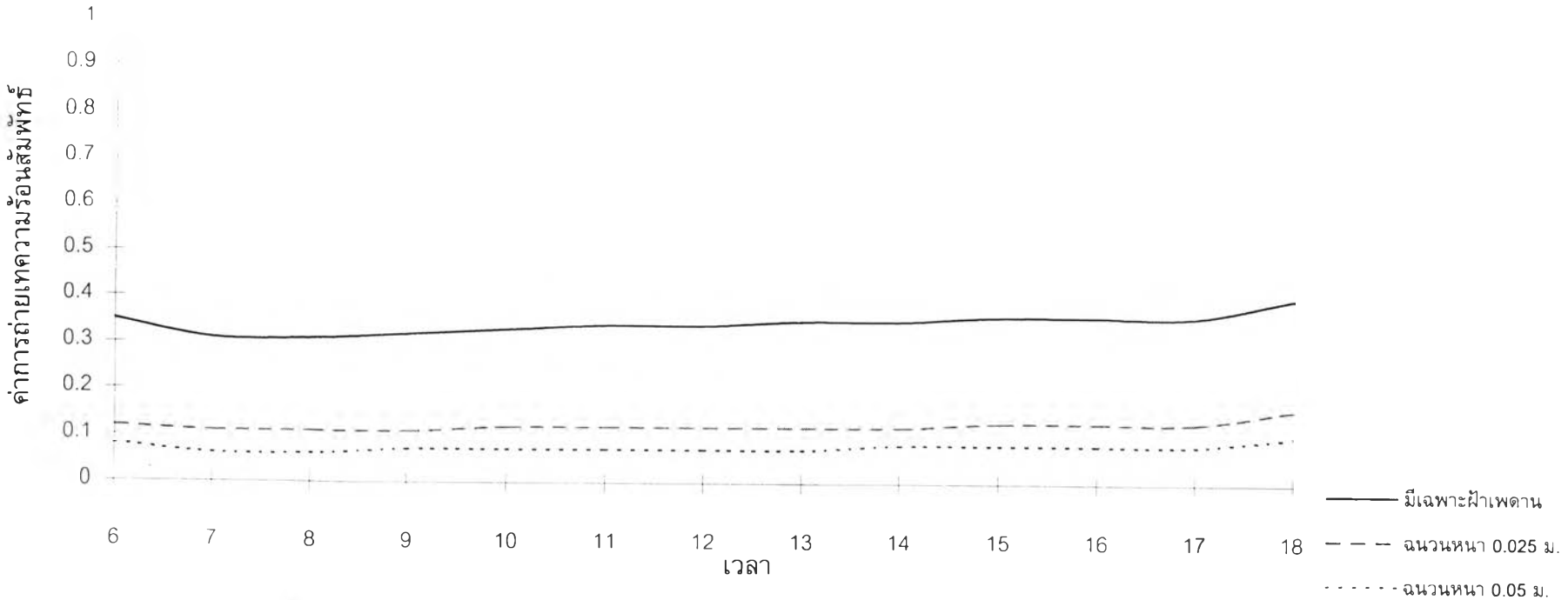
รูปที่ 6 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ ของช่องว่างภายในฝ้า ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27˚C



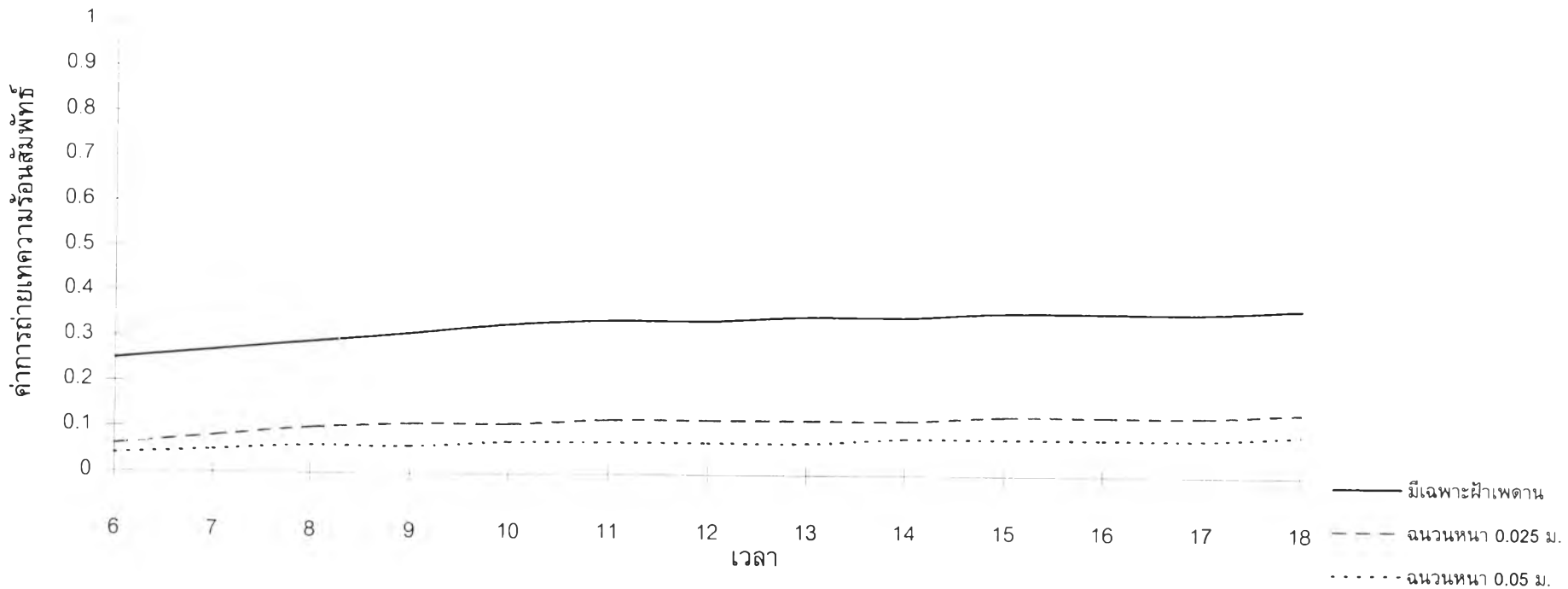
รูปที่ 7 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ ของช่องว่างภายในฝ้า ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C



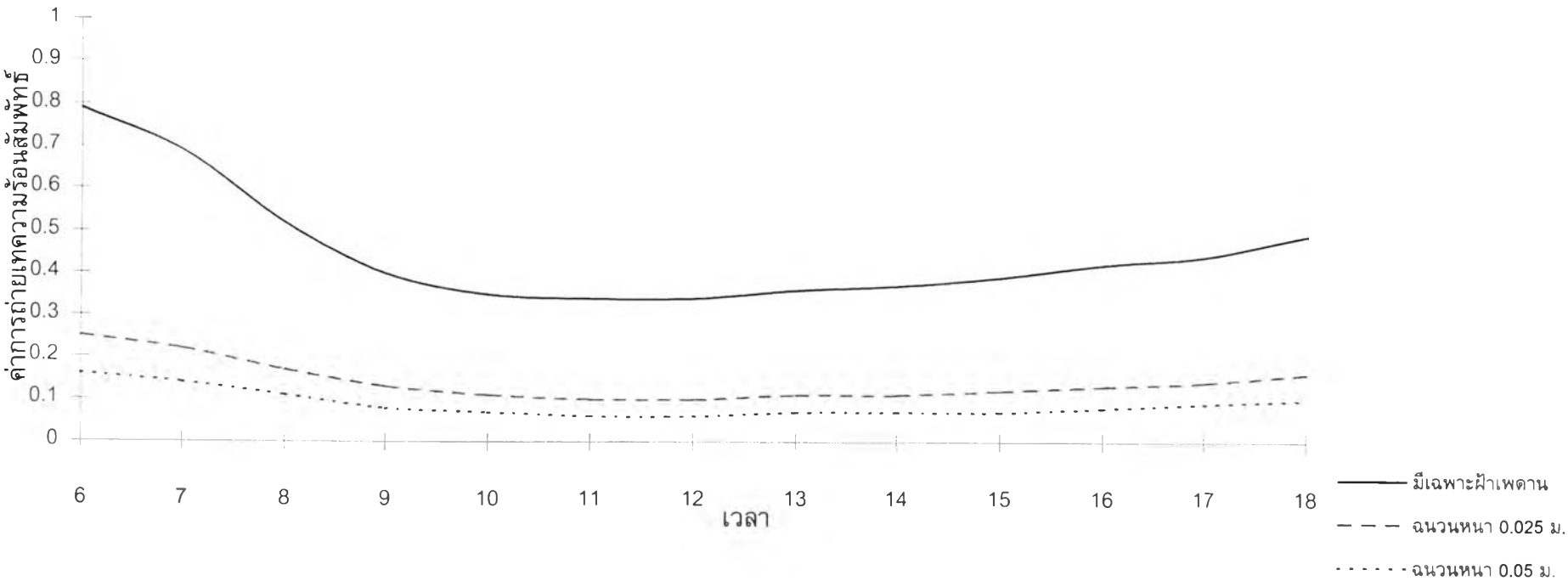
รูปที่ 8 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าการระบายอากาศต่าง ๆ ของช่องว่างภายในฝ้า ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27˚C



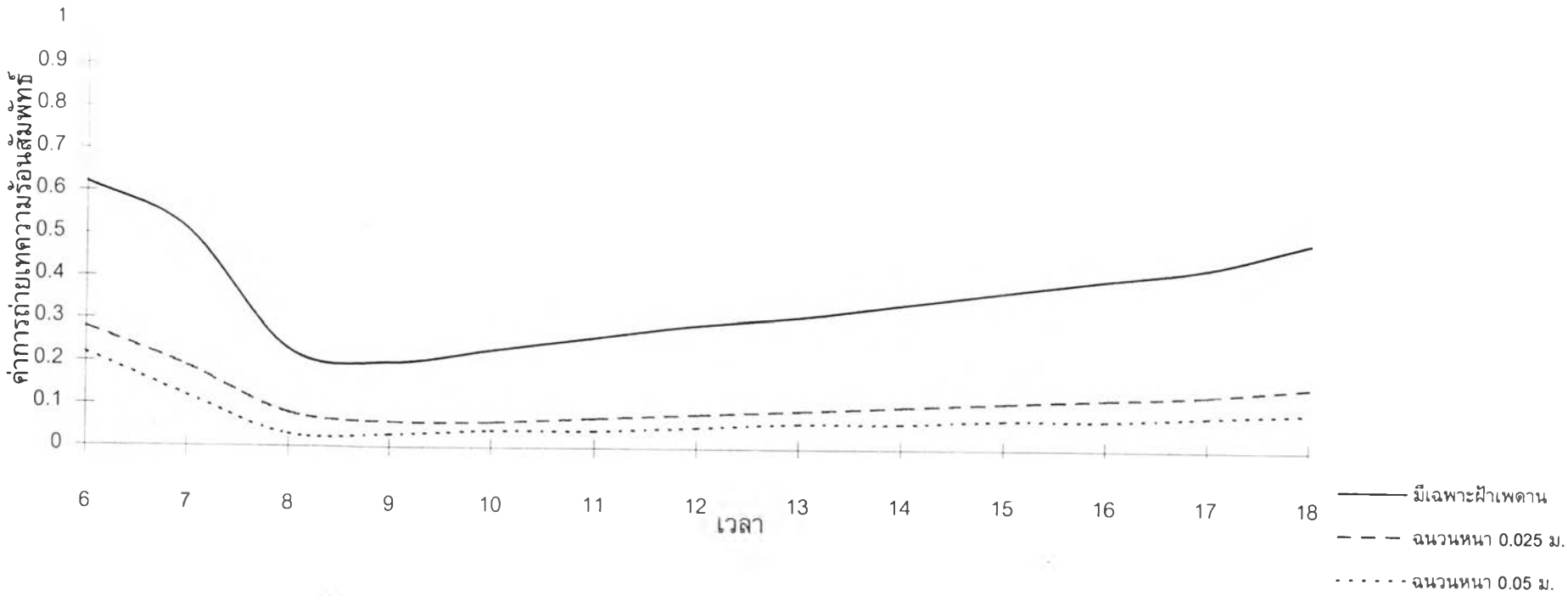
รูปที่ 9 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าความหนาฉนวนต่างๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้า



รูปที่ 10 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาหน้าจั่วที่ค่าความหนาฉนวนต่าง ๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้า

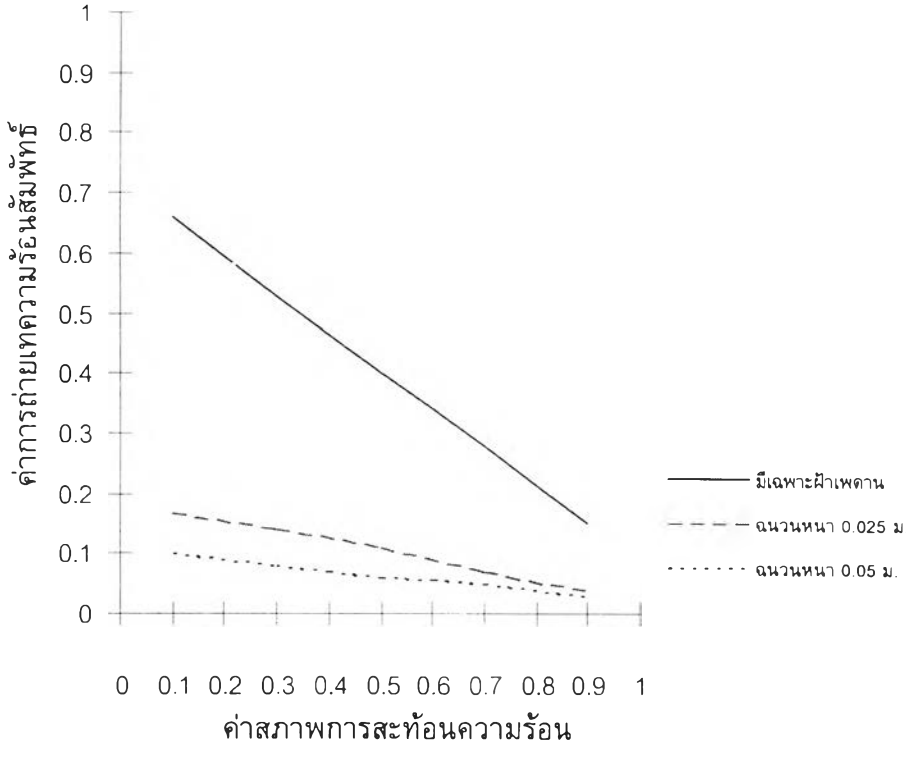


รูปที่ 11 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าความหนาฉนวนต่างๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้า

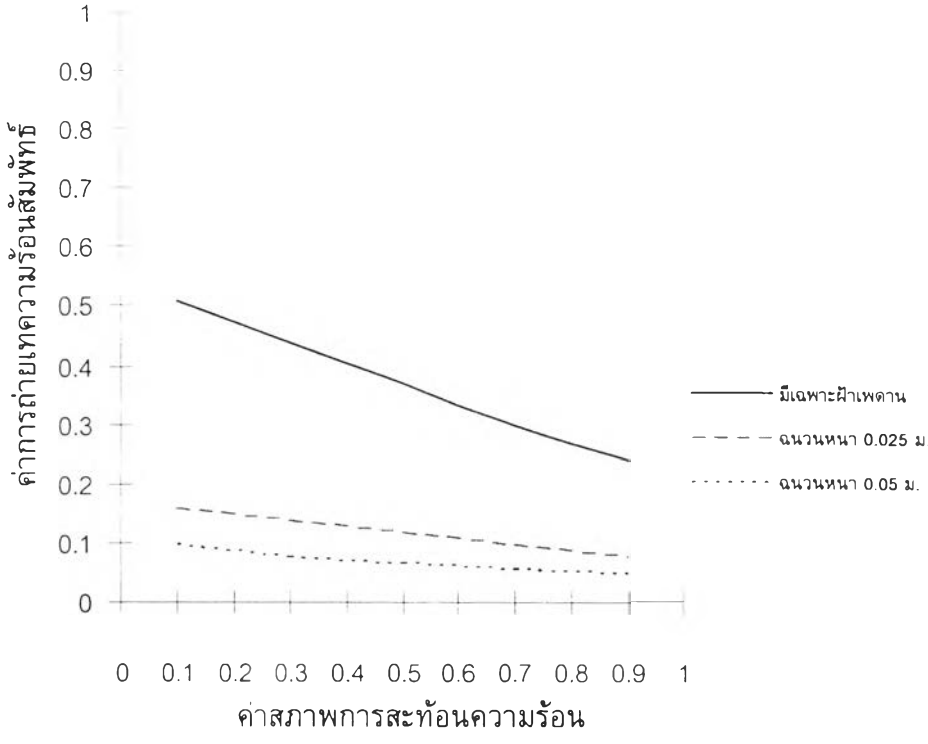


รูปที่ 12 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ของหลังคาเรียบที่ค่าความหนาฉนวนต่าง ๆ ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27°C ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้า

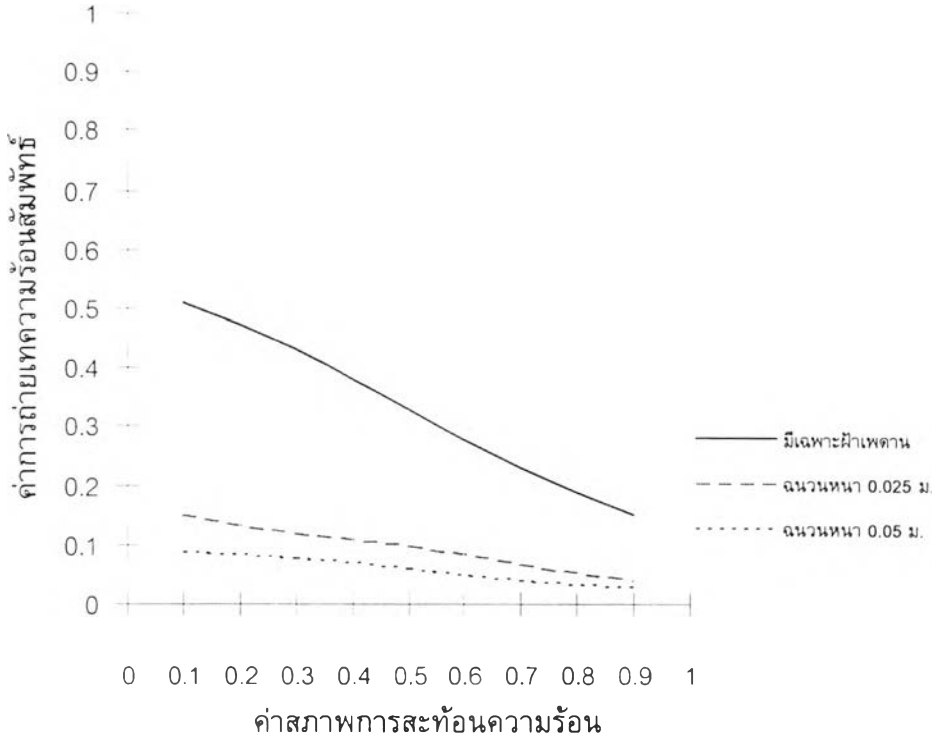
ต้นฉบับ หน้าขาดหาย



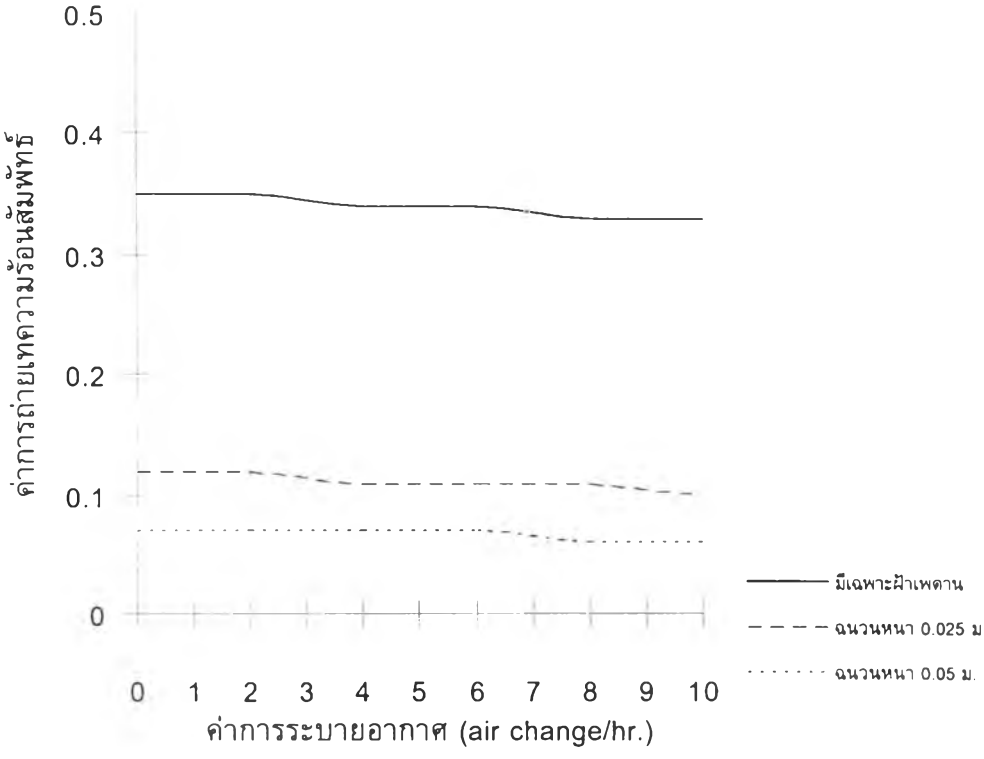
รูปที่ 14 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์ ที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ ของผิวด้านนอกของหลังคาหน้าจั่ว ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27°C ฉนวนดิดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



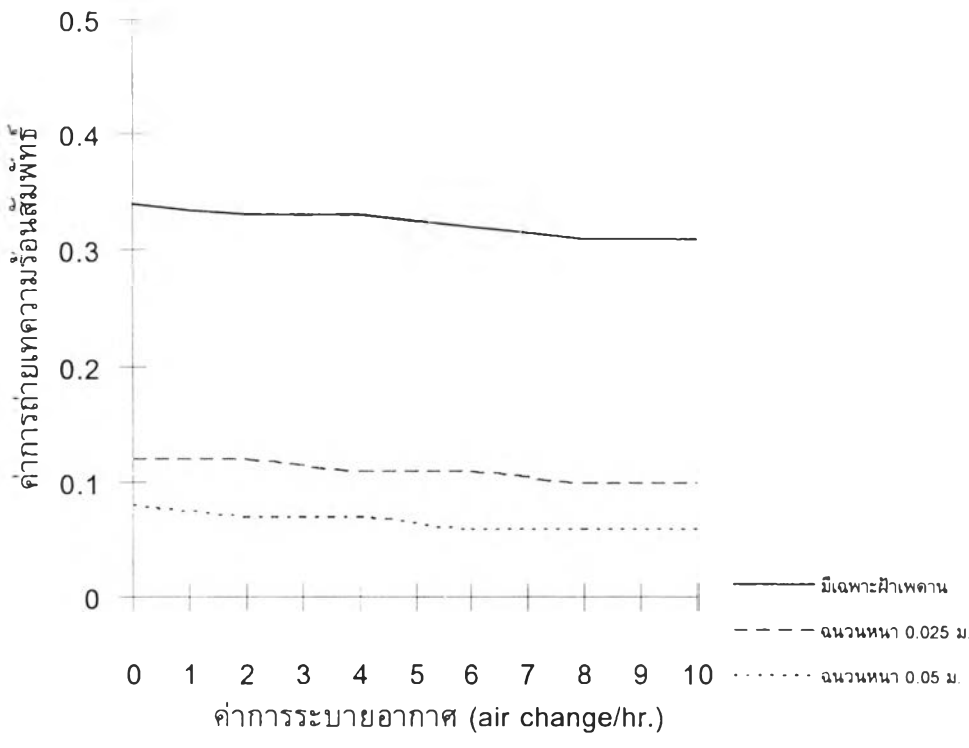
รูปที่ 15 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์
ที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ
ของผิวด้านนอกของหลังคาเรียบ
ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C
ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



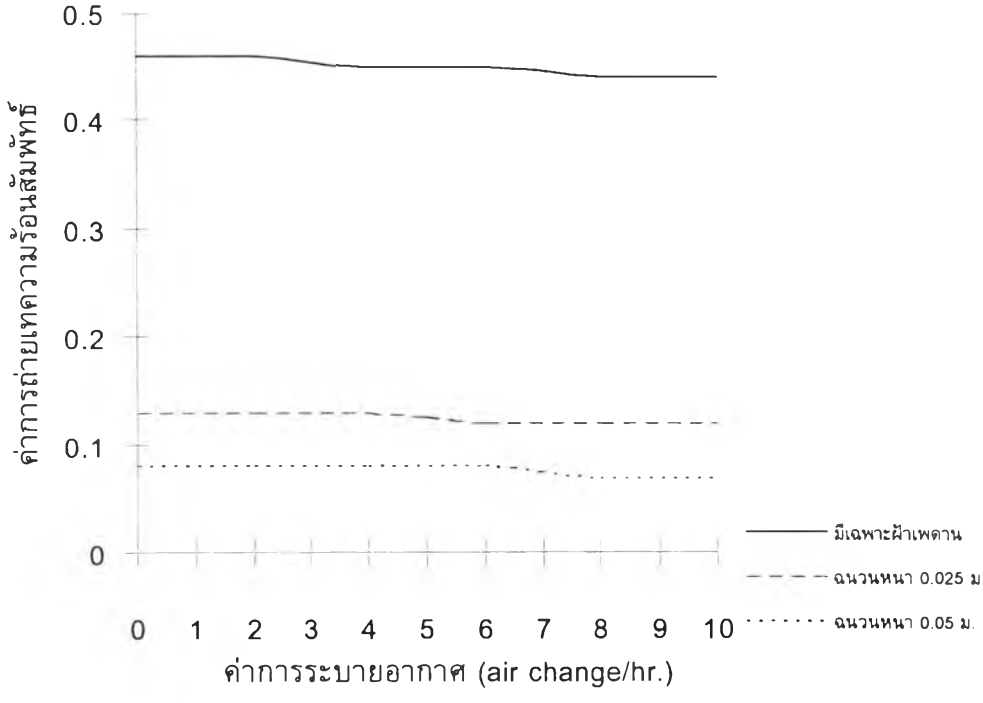
รูปที่ 16 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์
ที่ค่าสภาพการสะท้อนความร้อนต่างๆ
ของผิวด้านนอกของหลังคาเรียบ
ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27°C
ฉนวนดิดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



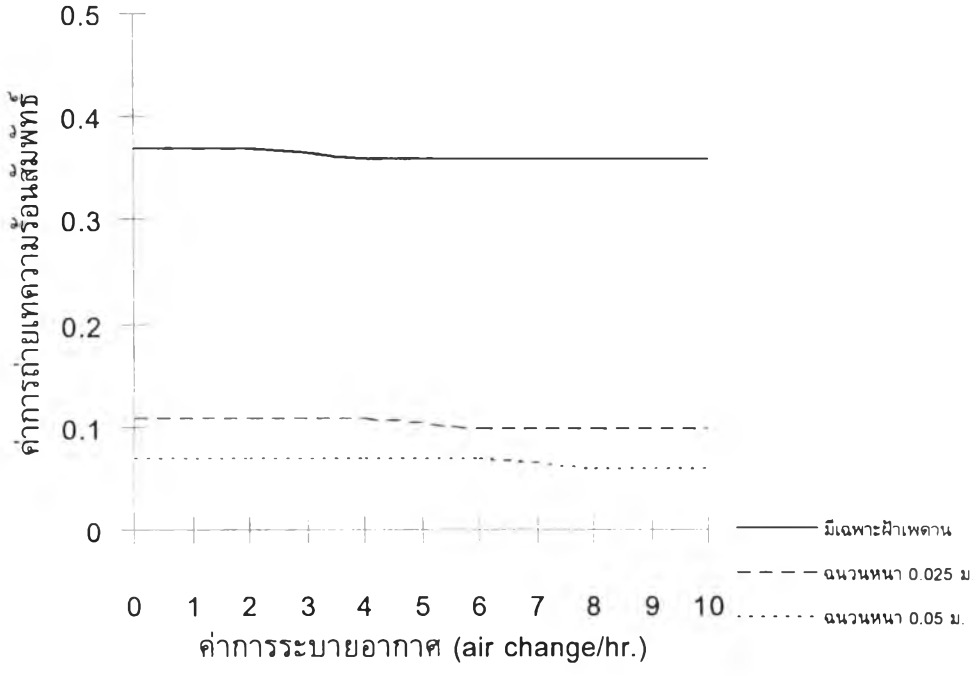
รูปที่ 17 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์
ที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ
ของช่องว่างในฝ้าของหลังคาหน้าจั่ว
ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C
ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



รูปที่ 18 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์
ที่ค่าการระบายอากาศต่างๆ
ของช่องว่างในฝ้าของหลังคาหน้าจั่ว
ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27˚C
ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



รูปที่ 19 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์
ที่ค่าการระบายอากาศต่าง ๆ
ของช่องว่างในฝ้าของหลังคาเรียบ
ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 23°C
ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน



รูปที่ 20 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนสัมพัทธ์
ที่ค่าการระบายอากาศต่าง ๆ
ของช่องว่างในฝ้าของหลังคาเรียบ
ที่อุณหภูมิภายในอาคาร 27°C
ฉนวนติดตั้งเหนือฝ้าเพดาน

ประวัติผู้วิจัย

นาย อุทัย ประสพชิงชนะ เกิดวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2513 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2535 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2538